ISSN 1017-0863

技術服務季刊

行政院農業委員會農業試驗所

126

適合台灣夏季平地栽培之特色番椒新品系
紅龍果預冷技術之簡介與應用
天貝營養成分面面觀
卵菌綱植物病原菌的介紹
農桿菌媒介接種番茄黃化捲葉泰國病毒及其應用

第32卷第2期
2021年06月

Technical Service Quarterly Bulletin
Taiwan Agricultural Research Institute

行政院農業委員會農業試驗所技術服務季刊

Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan
Technical Service Quarterly Bulletin. (Tech. Serv. Q. Bull. TARI.)

第32卷第2期
中華民國110年06月出版

封面說明：本所結合園藝性狀選拔及分子標誌選種技術，選育出耐熱的彩椒新品系，果實富含膳食纖維及多種營養成分，如葉黃素、玉米黃素、及胡蘿蔔素等重要的保健成分，新品系具有夏季平地可栽培特性，可提供種苗業者作為育種材料。

◎圖/文 生技組 王昭月

行政院農業委員會農業試驗所技術服務季刊
出 版 者/行政院農業委員會農業試驗所
創刊年月/民國79年3月
發 行 人：林學詩
總 編 輯：陳淑佩、方尚仁
執行編輯：黃淑華
地　　址：台中市霧峰區萬豐里中正路189號
網　　址：https://www.tari.gov.tw
電　　話：(04)23302301~5
農民服務專線：04-23317456
本刊內容已全文上網，歡迎訂閱農業試驗所電子報，詳情請見本所網站-便民服務-訂閱電子報。

版權所有、轉載須經本所同意

展售書局：
■五南文化廣場　台中市中山路6號 (04) 22260330
■國家書店松江門市
台北市松江路209號1樓 (02) 25180207 (代表號)
■國家網路書店：https：//www.govbooks.com.tw
承 印 者：農世股份有限公司
台中市漢口路3段55巷21號 (04) 22932036
定　　價：NT 50 元
中華郵政中台字第0759號執照登記為雜誌交寄

GPN：2007900008
ISSN：1017-0863　NT$50

目錄

園藝作物

■適合台灣夏季平地栽培之特色番椒新品系
王昭月 林大鈞 楊佐琦 1

採後處理

■紅龍果預冷技術之簡介與應用
林妤姍 徐敏記 黃肇家 林筑蘋 5

農產加工

■天貝營養成分面面觀
劉威廷 劉芳綺 9

植物病理

■卵菌綱植物病原菌的介紹
黃晉興 14

■農桿菌媒介接種番茄黃化捲葉泰國病毒及其應用
鄭櫻慧 蔡筱婷 林鳳琪 康樂 江主惠 19

生物技術

■漫談新興育種技術與番茄原生質體培養系統之應用
夏奇鈮 游舜期 杜元凱 曹進義 24

農業化學

■使用Mothur軟體進行土壤微生物群落組成分析
杜元凱 陳涵葳 林彥君 28

農業推廣

■農業試驗所「農業科技研發策略小組」發展緣起與運作
楊于萱 陳昌岑 蔡致榮 33

新聞訊息

■水稻智慧間歇灌溉兼具智能省工與節水穩產
吳東鴻 王毓華 37

適合台灣夏季平地栽培之特色番椒新品系

農試所生技組 王昭月 林大鈞 楊佐琦

一、前言

番椒 (*Capsicum annuum* L.) 包含甜椒和辣椒，是全球性之高單價果菜作物，但甜椒不耐熱，台灣夏季尤其在設施內生產更是瓶頸；另外辣椒的耐熱性雖然優於甜椒，但市場上卻少見優質的大果辣椒。有鑑於全球屢受氣候暖化的生產逆境所困，以及市場多樣性產品的需求，農業試驗所 (以下簡稱本所) 以園藝外表型選拔，結合分子標誌輔助選種技術，開發出3個生長勢強、果肉厚、形狀為鐘形 (又稱Bell形) 的特色番椒新品系，具有夏季平地可栽培特性，可提供種苗業者作為育種材料，育成果色、果形更多樣性，具有早生、豐產特性的彩色甜椒或辣椒新品種。

二、特色番椒新品系之研發經過

本所育成之「特色番椒新品系」其親本為2004年間引自世界蔬菜中心(AVRDC)、荷蘭、美國等多個地區之番椒 (*Capsicum* spp.) 種原，經溫室栽培促進世代與譜系選拔方式，以Bell果形、高適應性 (可周年生產) 和豐產為主要選種目標，於2008年完成6個世代以上的純化與選種。後續又自其中選取「SP04」、「SP63」與「SP80」三個優良自交系，於2013年至2019年間，在農業試驗所的田間、溫室、網室等不同環境下，進行多年期作的園藝性狀比較試驗與特定組合力測試。在此期間，除進行一般外表型性狀調查外，並配合分子標誌輔助選種技術，建立特定果色的苗期選種技術，該技術可非專屬授權，作為特定果色的彩色甜椒選種之用。

三、豐產、耐熱性佳的番椒新品系簡介與應用

(一)Bell形辣椒新品系「SP04」

1. 為少見的黃色辣椒品系。果實黃色，微辣。果形為長Bell形的中大型果。果長約10公分，果寬7.7公分，果肉厚度約7公厘，果重約160公克，甜度為7.2° Brix。(圖一)

作　　者：王昭月助理研究員
連絡電話： 04-23317335

2. 植株生長勢強，適合溫、網室周年生產。中、南部春作可於3月播種， 4月定植，定植後85天即可採收黃熟果。秋作在8月播種，9月定植，定植後約105天可採收黃熟果。露地栽培宜秋作，在8月育苗，9月定植，定植後約100天可採收黃熟果。(圖二)

圖一、特色辣椒新品系「SP04」的果實外觀。

圖二、特色辣椒新品系「SP04」的株型與結果情形。

3. 栽培期間需配合適當的整枝與肥培管理，採收期可持續3個月。夏作以單幹整枝為宜，秋作可實施雙幹或三幹整枝。施肥方面以鉀肥、鎂肥、鈣肥等追肥最重要，果實採收期間每周或隔周施用。
4. 針對雜交新品種的開發利用方面，「SP04」可以做為豐產、耐熱辣椒的育種親本，可增加大果辣椒品種的多樣化。此品系適用於黃、紅等果色，以及Bell形或角椎形等果形的大果辣椒新品種育成之利用。

(二)中型、多果色的耐熱彩色甜椒新品系「SP63」

1. 本品系為多果色用途的彩色甜椒，綠熟期至轉色期的果實顏色分別為翠綠色與粉綠色；紅熟期則呈現鮮豔的橘紅色。3種果色階段的果實經官能品評，皆具有良好之適口性。(圖三)
2. 果形為Bell形的中型果。果長約8公分，果寬6.3公分，果肉厚度約7.5公厘，果重約110公克，甜度為4.5°Brix。
3. 具早生特性，植株生長勢強，適合溫、網室周年生產。中、南部春作可於3月播種，4月定植，定植後55天即可採收翠綠或粉綠果實，定植後65天可採收橘紅果實。秋作可提早於7月播種，8月定植，定植後約55天即可採收翠綠或粉綠果實，定植後70天可採收橘紅果實。露地栽培宜秋作，在

8月育苗，9月定植，定植後約55天或70天可分別採收粉綠果實或橘紅果。

4. 栽培期間配合適當的肥培管理，採收期可持續2至3個月。本品系的分支性、著果佳，果實成熟一致性佳，適合不整枝的省工栽培模式。施肥方面以鉀肥、鎂肥、鈣肥等追肥最重要，在果實採收期間每周或隔周施用。(圖四)

圖三、中型、多果色的耐熱彩色甜椒新品系「SP63」之果實外觀。

圖四、耐熱彩色甜椒新品系「SP63」於2020年夏季溫室栽培的結果情形。

5. 針對雜交新品種的開發利用方面，「SP63」可以做為中果型、耐熱的彩色甜椒之育種親本，或做為早生、橘紅果的水果彩椒之育種親本。(依據夏季在本所未遮陰處理的溫室栽培紀錄，光度範圍11,173 Lux-126,756 Lux，溫度範圍26℃-37℃；均可正常結果。)

(三)Bell形黃色甜椒新品系「SP80」

1. 果實黃色，果形為Bell形的中大型果(果重約145公克)。果長約7公分，果寬約9公分，果肉厚7.5公厘，甜度為7.9° Brix。(圖五)
2. 植株生長勢強，適合溫、網室周年生產。中、南部春作於3月播種，4月定

植，定植後85天可採收黃熟果。秋作於8月播種，9月定植，定植後約115天採收黃熟果。露地栽培宜秋作栽培，於8月育苗，9月定植，定植後約100天可採收黃熟果。(圖六)

圖五、Bell形黃色甜椒新品系「SP80」的果實外觀。

圖六、Bell形黃色甜椒新品系「SP80」的株型與結果情形。

3. 栽培期間需配合適當的整枝與肥培管理，採收期可持續2至3個月。夏作以單幹整枝為宜；秋作可實施雙幹整枝。施肥方面以鉀肥、鎂肥、鈣肥等追肥最重要，在果實採收期間每周或隔周施用。
4. 針對雜交新品種的開發利用方面，「SP80」可以做為豐產、中等耐熱的大果型彩色甜椒之育種親本，也可以做為以中晚生、黃果或紅果育種目標之育種親本。

四、結語

本所「特色番椒新品系」具有黃色、翠綠色、粉綠色與橘紅色等多種果色，果實富含膳食纖維及多種營養成分，如葉黃素、玉米黃素、及胡蘿蔔素等重要的保健成分，符合衛生福利部國民健康署積極推動的「彩虹蔬果579」健康飲食守則。傳統彩椒主要的生產季節為冬至春季，夏季只有海拔600至900公尺的山地能栽培。農業試驗所結合園藝性狀選拔以及分子標誌選種技術，加速世代純化選育出耐熱的彩椒新品系，適合於平地溫室進行周年栽培，夏季生產時預估可較現行商業品種提早14至21天採收，可減少生產成本增加收益。另由於目前國際上仍未有最為經濟生產使用之耐熱品種，本所的番椒新品系為具有耐熱特性之自交系，如能善加利用，針對各別市場育成新品種，將有助種苗業者開拓國際市場之利基。

紅龍果預冷技術之簡介與應用

農試所作物組 林妤姍 徐敏記　農試所退休人員 黃肇家
農試所植病組 林筑蘋

一、前言

紅龍果原產於中南美洲，為仙人掌科(Cactaceace)三角柱屬(*Hylocereus*)多年生攀緣性肉質植物。早年引入台灣時產量較低且果實小，經濟栽培不廣，但由於具自交親合性，不須人工授粉即可著果，且育成大果高甜度的品種，利用扦插方式栽培一至兩年即可收穫，白肉品種收穫期自5月中旬至11月底，紅肉品種甚至可收成達9個月，或利用燈照方式進行產期調節幾乎可全年生產。因生產技術成熟使種植面積急遽擴張，依據農情報告資源網統計資料，108年國內栽培面積為2,813公頃，總產量逾69,717公噸，盛產期集中在7-8月，亟需短期貯藏與外銷等產銷調節措施，紓解盛產壓力。目前外銷以紅肉品種為主，紅肉品種相較東南亞各國所生產的品質與賣相均優，較具競爭優勢，108年主要外銷地區為中國大陸(41.3%)、香港(38.4%)、加拿大(14.6%)及新加坡(33%)，外銷量計430公噸。紅龍果採收後若未經妥善處理，會因果實鱗片脫水與老化，縮短櫥架壽命，而外銷至不同國家須要維持到港後仍保有高品質與櫥架壽命3至5天，因此採收後處理技術的需求日漸增加。本文就紅龍果預冷技術之應用簡介如下。

二、紅龍果預冷處理與貯運現況

紅龍果於較高溫的田間採收時，帶有高田間熱，因此果實內部的蒸汽壓(vapor pressure)很高，若急遽置於冷藏庫中(除冷藏庫特別設計高濕式外)，常因蒸氣壓差的因素，導致果實鱗片失水、枯黃、捲曲使品質降低賣相差。另外帶高田間熱之紅龍果直接置入冷藏庫中或堆疊貯放導致降溫速度緩慢。因此採收後如能先行「預冷」(pre-cooling)，將果實溫度降低以利移除田間熱，除了可減少果實失水外，也可減輕冷藏庫負荷能力，同時能在最短的期間內把果實溫度降至適當的貯藏溫度。若無預冷，因成

作　　者：林妤姍助理研究員
連絡電話：04-23317135

熟度高的水果較不易運輸貯藏，因此需要提早採收以避免老化情形產生。

一般預冷方式共分為壓差預冷(forced-air cooling)、室冷(room cooling)、冰水預冷(hydrocooling)、真空預冷(vacuum cooling)與碎冰預冷(pack- icing)等。紅龍果為新興果品，適宜之預冷方式與設備尚需更進一步之試驗，而目前內銷果實如需低溫貯藏或短程運輸販賣，可於摘採後將果實裝入有孔塑膠籃平均置放並減少堆疊，並置於通風陰涼處，必要時可利用電風扇增加空氣流動，冷風流速需達每秒1至2公尺以上，但仍需注意勿直接長時間對吹果實，避免空氣流動過速、時間長使鱗片失水萎凋；如有冷藏庫也可進行庫內預冷處理(室冷；使用高濕冷藏庫)，此時注意堆放塑膠籃要留有通風通道，讓更多的果實面積與流動之冷空氣接觸，避免出風口長時間直接對吹果實，以循環風緩慢吹送(低於1 m/s)為佳。

本所作物組採後處理研究室於108年進行紅龍果預冷試驗，包括室冷及壓差預冷。室冷部分，測試紅龍果自產地採收後裝籃以5℃室冷，比較不同擺放位置及大中小果的降溫情形，結果顯示，降溫速度依序為下籃、中籃及上籃，降溫速率以小果(11-13兩，410-480克)速率最快，依序為中果(14-17兩，480-675克)及大果(18-20兩，675-750克)。大果果心達7/8預冷期 (約7-8℃)。當溫度降到產品最初溫度與冷卻介質溫度差的一半時，所需的時間稱半預冷時間。一般用7/8預冷時間（3倍的半預冷時間）作為商業上操作的實際估計約11.5小時，到達庫溫約23小時(圖一)。由圖一可知，不論擺放位置或果實大小，果心溫度均在處理23小時後達庫溫。另外實測產地果實降溫效率，以台灣傳統10斤包裝(6公斤紙箱)裝箱後，於通風良好且穩定的3℃冷藏庫下，果心溫度初期為32℃，大果降至10℃需時9.5小時，約12-13小時降至7-8℃，約26小時達庫溫3℃(圖二)，小果降至10℃約8小時，約10.5小時降至7-8℃，是以考量小果至大果之降溫至10℃介於8-9小時之間，彼此差距約1-2小時。整合以上，大小果降溫趨勢方面，在3℃產地室冷裝箱 (圖二) 與本所冷藏庫測試5℃室冷裝籃情形相同 (圖一)，皆為小果降溫速率較快；在降溫速度上，5℃室冷裝籃預冷3小時為16-20℃，3℃室冷裝箱在處理3小時後之果溫為20-22℃，顯示裝箱後會延緩降溫。

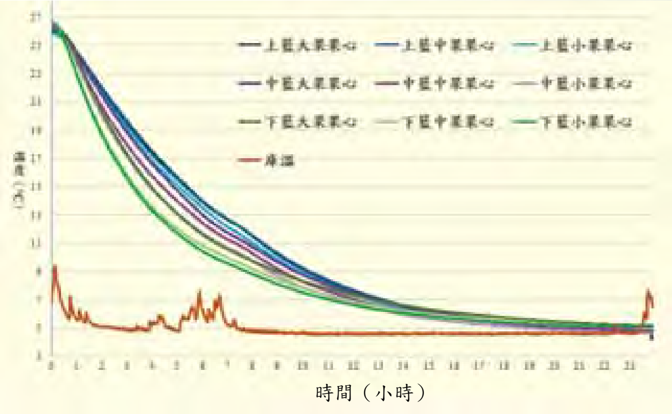
壓差預冷方面，將紅龍果裝籃後，採用本所開發的頂吸式壓差預冷設備，以18℃進行預冷去除田間熱，採7/8冷(19.5℃)，可配合包裝場溫度，溫差較低可使果實不致回溫產生凝結水。以中果為例，果心溫度初期為30℃，以頂吸式壓差法預冷處理達7/8冷(19.5℃)約2小時，失水率0.14%；室冷達7/8冷(19.5℃)約22.5小時(圖三)，失水率0.71%，降溫效率達10倍以上，結果顯示頂吸式壓差預冷較傳統裝藍或裝箱後室冷可以快速降溫，可作為採收後預冷之選擇。初步模擬加拿大貯運(5℃ 21天)及20℃櫥架販

售3日，對照組與處理組兩者外觀差異不大(圖四)。本試驗需進一步將對照組之降溫與品質仿照商業現場操作，以及進行提高濕度之壓差預冷效果測試等。

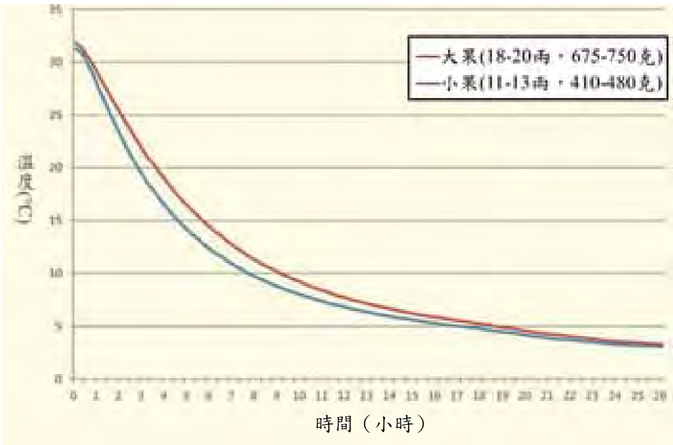
在成本比較上，壓差預冷抽風機所需電費每小時1.2元，而小型頂吸式壓差預冷機組造價約8萬元，適合小型具有冷藏庫(1小時所需電費約12元)之農場或合作社使用。頂吸式壓差預冷僅需2小時即可達7/8預冷溫度，所需電費為26.4元，冷藏室冷則需23小時才能達到7/8預冷溫度，所需電費為276元，顯示頂吸式壓差預冷可快速縮短預冷時間及電費成本。壓差預冷約每批次操作時間約2小時，每日約可操作5批，可運用於分批採收及進倉應用與彈性。本研究室研發之「頂吸式壓差預冷設施」業於109年4月1日取得新型專利第M592654號(圖五)，並於109年度完成技術移轉。

三、結語

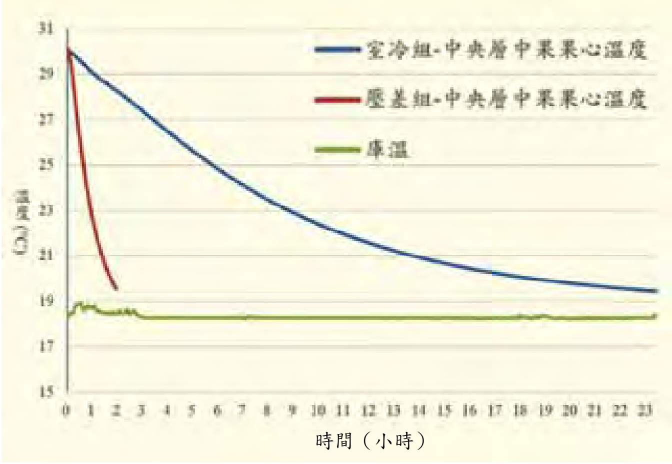
紅龍果近年因選育出高甜度且具自交親和性的品種，加上病蟲害較少等特性，全台栽培面積大增，於盛產季面臨不小的銷售壓力，加上紅龍果



圖一、紅龍果裝籃後以5℃室冷法預冷，不同擺放位置之大中小型果實降溫曲線圖。



圖二、紅龍果3℃室冷裝箱中間層紙箱大小粒果實之降溫曲線。



圖三、紅龍果裝籃後，於18℃以室冷法及頂吸式壓差法預冷之中央層中果果心降溫曲線。

圖四、模擬加拿大貯運(5℃ 21天)及20℃櫥架販售3日，對照組(上)及壓差預冷組(下)果實之外觀情形。

圖五、「頂吸式壓差預冷設施」實機。

開花與收成常有「大、小水」(短時間大量收成與少量收成)情形，因此短期貯藏維持良好品質與櫥架壽命十分重要。另近年來政府大力推動果品外銷，除日本外，目前鎖定免經蒸熱處理之港澳或東南亞國家。而外銷加拿大等須長程運輸的國家，是可嘗試的選擇，但須注意出口需長時間貯運，採收前園區清潔與病害控管事項(運到港澳或東南亞國家亦須注意)。此外，經由外銷標準作業流程的建立，並納入預冷技術與冷鏈管理，可使鮮果外銷品質更能維持，進而增加整體通路銷售的多樣性。

四、參考文獻

Fricke, B.A., 2006. Precooling fruits &vegetables. Ashrae Journal 48, 20–22.

Thompson, J.F., F.G. Mitchell, T.R. Rumsey, R.F. Kasmire, C.H. Crisosto. 2008. Commercial Cooling of Fruits, Vegetables and Flowers, Publication 21567, Revised Edition, University of California, 1:2-3, 2:14, 5:33, 7:38.

李允中、林棟樑(2005)台灣園產品預冷的研究與推廣。園產品採後處理技術之 研究與應用研討會, p221-227，台灣，台中。

林棟樑、王自存(2001)。蔬果預冷保鮮技術。台南區農業改良場技術專刊90-6 (No.115)。台灣，台南。

林棟樑(2000)。影響非結球型葉菜類壓差預冷降溫速率之因素。台灣大學園藝學系。博士論文。

天貝營養成分面面觀

農試所生技組 劉威廷　台中市立清水高中 劉芳綺

一、前言

天貝的發源地為印尼，是一種以大豆為原料進行發酵後的食物，發酵菌種為寡孢根黴菌 (*Rhizopus oligosporus*)，製作成天貝再進行烹調是印尼人食用大豆的主要方式，就如同華人習慣食用豆漿、豆腐。天貝的製作方式並不困難，大致上可分為浸泡、蒸煮、發酵三個步驟：首先需將大豆浸水隔夜，讓大豆充分吸收水分，更容易去除種皮，接著蒸煮至熟，再次濾除水分後，待煮熟的大豆降溫，加入菌種混合均勻，放置在32~36℃環境中，經過約24小時發酵，可見大豆表面覆滿白色菌絲（圖一），此時，大豆已不再是原本散落的顆粒，而是被寡孢根黴菌的菌絲連結成具有彈性的塊狀，有著淡淡的、類似菇類及堅果的香氣。國際上對於天貝的認識最早可追溯至1960年代，當時天貝的各種特性已經引起許多歐、美、日學者關注，除了在營養成分及發酵加工之外，保健方面如改善記憶力、緩解神經炎、幫助預防乳腺癌及心血管疾病等都有許多相關研究報告。

在印尼，天貝為日常飲食的一部份，是重要的蛋白質來源，就連遠在地球另一端的加拿大，幾乎每一家超市都買得到天貝，隨著新一波蔬食熱潮的興起，天貝也逐漸成為西方飲食中，能替代肉類的植物性蛋白質來源。而鄰近的日本，慣於食用各式各樣的大豆食品，天貝也已存在於市場上（圖二）。台灣早在1980至1990年間，天貝隨著印尼移工而來，除了專門販售東南亞商品的店鋪外，近年來已經可以在網路商店、經營素食產品的有機食品商店，甚至是知名的連鎖超市購得，更有2~3家領有食品工廠登記證、稍有規模的公司專門生產天貝。然而除了印尼移工外，只有極少數人會食用天貝，甚至大部分人從未聽聞過天貝，即使作為植物性蛋白來源，在素食族群中慣於食用天貝的也只占少數。

本文汲取衛福部食藥署食品營養成分資料庫以及美國農業部食品資料中心 (USDA FoodData Central) 當中各項所需之食品營養資料，以及市面上販售的天貝，其

作　　者：劉威廷助理研究員
連絡電話：04-23317333

製造業者所提供的營養成分訊息，從中探討天貝的營養成分，歸納整理後與其他蛋白質豐富的食材進行比較，再以國人膳食營養素參考攝取量(DRIs)進行計算，以了解攝取固定份量的天貝占每日營養需求之百分比，期望透過本文彙整天貝在營養方面的優點，能讓國人更加了解天貝，以間接促進國產大豆的多元運用。

二、天貝的營養成分

如同前段所述，天貝是由脫去種皮的大豆發酵而成，製作過程當中除了添加少量的菌種外，可能也會加入一些醋或其他可食用的酸性物質以降低酸鹼值，利於天貝發酵，因此實際上天貝的營養很接近完整的大豆。天貝含量較為突出的營養素有蛋白質及膳食纖維，維生素方面則有B2、B3、B6。根據衛福部國健署資料，蛋白質是構成肌肉、器官的原料，具有修補、建造身體組織的作用，也參與免疫、代謝相關酵素作用；膳食纖維能促進腸道蠕動，也是腸道益菌的食物來源，有助腸道益菌增加，進而調節生理機能；維生素B群主要有維持皮膚和肌肉健康、調節代謝、加強免疫系統和神經系統等功能 (https://www.hpa.gov.tw)，以上都是人體不可或缺的營養素，皆能在攝取天貝時獲得。

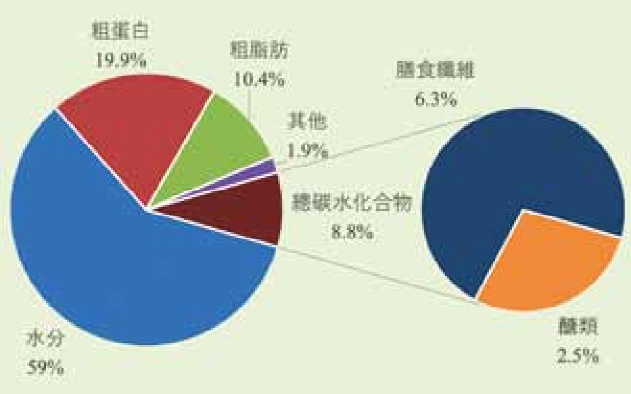
圖三顯示天貝主要的營養成分百分比，水分占59%，其次為粗蛋白(19.9%)，接下來依序為粗脂肪 (10.4%)、總碳水化合物 (8.8%)、其他成分(1.9%)，在總碳水化合物中有將近3/4為膳食纖維。由此可知，天貝是一項富含蛋白質以及膳食纖維的食物。在表一，將天貝與其他植物性、動物性且富含蛋白質的常見食材比較，天貝的含水量較豆腐低，因此蛋白質含量較豆腐高出許多，尤其嫩豆腐含水量將近9成，蛋白質的含量只有天貝的四分之一，從嫩豆腐、傳統豆腐到小方豆干，含水量逐漸遞減，蛋白質含量也逐漸升高，小方豆干的含水量相當於天貝，這也反映出天貝是一項營養密度高的食材。此外，豆腐、豆干等製品，是以豆漿凝固而成，製作過

圖一、左：大豆表面白色顆粒為寡孢根黴菌菌粉；中：可見到菌絲已逐漸覆蓋大豆，且因寡孢根黴菌呼吸作用而產生水氣；右：完成發酵後菌絲幾乎完全包覆大豆。

圖二、左、中：加拿大超市中販售的天貝商品。右：日本的天貝商品。

程需去除豆渣，因此在膳食纖維方面也低於天貝，即使是含水量較低的豆干，膳食纖維含量也只有天貝的一半，不過因為製作過程需使用硫酸鈣作為凝固劑，豆干的鈣含量高出天貝許多。毛豆仁是未成熟的大豆種子，因此含有的營養成分較為完整，膳食纖維含量略高於天貝，蛋白質含量也有天貝的60%，不過維生素B含量仍是天貝較高，主要是發酵時微生物會製造維生素B，天貝甚至含有非常微量的維生素B12(0.1 μg/100g)。此外，豆腐皮和素肉的蛋白質含量要比天貝再多一些，這是因為製程上使蛋白質濃縮的緣故，且素肉因經過調味，鈉含量相當高。

天貝與常見的肉類，包含豬、雞、魚肉相比，蛋白質含量差異不大，不過動物性蛋白完全不含膳食纖維，礦物質如鈣、鎂、鐵，也低於天貝，維生素B則是肉類較多。這意味著當攝取等量的蛋白質時，食用天貝可以獲得更多鈣、鎂、鐵等人體所需的微量營養素，更有膳食纖維能幫助消化、整腸健胃、調節代謝，除此之外也能減少肉類中飽和脂肪的攝取。除了人體必須的營養素外，天貝更含有大豆中最受矚目的機能性成分異黃酮，有許多研究



圖三、天貝主要營養成分之百分比。

表一、天貝與其他蛋白質食材各項營養成分比較表（每100克含量）

	天貝*	毛豆仁	嫩豆腐	傳統豆腐	小方豆干	豆腐皮	素肉	肉雞	豬小里肌	虱目魚
水分 (g)	59	69.8	89.9	81.2	67.3	59.6	57.2	65	72.8	67.4
熱量 (kcal)	202	135	53.2	89	161	210	210	248	139	179
粗蛋白 (g)	19.9	12.5	4.9	8.5	17.4	25.3	23.9	16.1	21.1	21.8
粗脂肪 (g)	10.4	6.1	3	3.4	8.6	11	10.1	19.9	5.4	9.5
碳水化合物 (g)	8.8	9.8	1.6	6	3.5	2.4	6	0	0	0.2
膳食纖維 (g)	6.3	6.5	0.8	0.6	3.3	0.6	5.5	N/A	N/A	N/A
鈉 (mg)	22	359	32	2	116	23	731	44	46	41
鈣 (mg)	111	86	13	140	685	62	120	1	4	16
鎂 (mg)	81	70	36	33	56	96	72	6	23	33
鐵 (mg)	2.7	2.9	1.3	2	4.5	4.7	4.3	0.4	1.4	0.6
維生素B1 (mg)	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	1.2	0.2
維生素B2 (mg)	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.2	0.3	0.1
維生素B3 (mg)	2.7	0.7	0.3	0.3	0.3	0.6	0.7	4.6	4.2	6.7
維生素B6 (mg)	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.7	0	0.4	0.5	0.6
維生素B12 (μg)	0.1	0	0	0	0	0	0	0.4	0.9	1.8

*資料來源為臺灣市售天貝檢驗報告數據及美國農業部食品資料中心，經筆者整理及計算之平均值。

指出大豆異黃酮與預防乳癌、減少女性更年期不適、改善骨質疏鬆等具有相關性，此外，相較於未經發酵的大豆，天貝含有更多人體更容易吸收利用的去醣基型異黃酮 (Isoflavone aglycone)，這是因為經過微生物發酵，原本大豆中的醣基型異黃酮 (Isoflavone glycoside) 被水解去除醣基，進入腸胃道後能更快被人體代謝利用，省去原本需要的水解步驟。

三、國人膳食營養素參考攝取量（DRIs）百分比之比較

DRIs是將身體健康的人作為對象，以維持及增進國人健康並預防營養素缺乏為目標所訂定的參考攝取量。針對各種營養素的特性，DRIs當中包含平均需要量、建議攝取量、足夠攝取量 、上限攝取量等。為了進一步凸顯天貝在食品營養方面的特性，比較與其他蛋白質來源食材在DRIs方面的差異。目標對象設定為31~50歲女性，估算攝取2份 (75g) 天貝時，即可達到每日建議量30%的蛋白質，等量的豆腐、豆干則是7%~26%，毛豆仁為19%，豆腐皮及素肉則較高，為37%左右。與肉類比較，2份雞肉的DRIs低於天貝，為24%，豬肉和魚肉則略高於天貝，大約在32%左右。在膳食纖維方面，攝取2份天貝可達到建議攝取量的18%，與毛豆相當，其他豆類製品皆低於天貝，而肉類則不含膳食纖維（圖四）。在維生素B方面，天貝含有維生素B2，2份天貝的DRIs可達到30%，高於其他肉類和大豆製品。從天貝中可獲得的維生素B3和B6雖較肉類低，但在豆製品當中則是數一數二，DRIs分別為14.5%及15%，只有維生素B6低於豆腐皮。一般而言，植物性飲食來源不含維生素B12，通常建議純素食者（不食用奶、蛋類）另外攝取營養補充品，但在美國農業部食品資料中心所提供的資料中，天貝卻含有維生素B12，不過有研究報告指出，天貝當中的維生素B12並非常態，加上含量非常稀少，故仍不建議將天貝作為補充B12的主要來源。

圖四、31~50歲女性攝取2份蛋白質食物後，所獲取各項營養素之DRIs百分比。

四、結語

天貝雖然為發酵食品，風味卻相當清淡，不會有過濃的發酵氣味，而有類似菇類、堅果的香氣，且含有豐富的天然鮮味，各種烹調方式皆適宜。簡單來說，天貝煎、炸後灑上適量椒鹽及蒜粉，即相當美味，也可利用豆腐的烹調手法，如紅燒、燴煮，或是與咖哩燉煮，都能成為佳餚。比較具有創意的作法則可切成薄

片燒烤，將會呈現有如培根的樣貌，也可剝成碎粒狀後，不斷翻炒至金黃色，有如炒蛋的效果，甚至有些微類似蛋的氣味。

天貝的料理方式不但變化多端，更含有豐富的營養，是非常良好的植物性蛋白質來源。食用天貝除了可攝取充足且符合人體需求的優質蛋白質外，還可同時獲得豐富的膳食纖維、維生素B2、B3及B6。此外，天貝的零售價不高 (25~31元/100 公克)，對消費者而言，雖然比豆腐、豆干貴一些，但營養更豐富，還是相當划算；對業者而言，價格也好一些，更有機會運用品質、風味、營養都更佳的國產大豆，以創造更高的產品附加價值。

五、參考文獻

Ahmad, A.; Ramasamy, K.; Jaafar, S. M.; Majeed, A. B. A.; Mani, V. Total Isoflavones from Soybean and Tempeh Reversed Scopolamine-Induced Amnesia, Improved Cholinergic Activities and Reduced Neuroinflammation in Brain. Food Chem. Toxicol. 2014, 65, 120–128.

Bintari, S. H.; Nugraheni, K. The Potential of Tempeh as a Chemopreventive and Chemotherapeutic Agent Targeting Breast Cancer Cells. Pakistan J. Nutr 2017, 16, 743–749.

Dewi, P. K.; Afifah, D. N.; Rustanti, N.; Sulchan, M.; Anjani, G. The Effect of Tempeh Gembus Variations to Serum Levels of High Sensitivity C-Reactive Protein (HsCRP) and Serum Levels of Fibrinogen of Sprague Dawley Rats with Aterogenic Diet. Rom. J. Diabetes Nutr. Metab. Dis. 25 (1), 91–97.

Jiménez-Escrig, A.; Dolores Tenorio, M.; Espinosa-Martos, I.; Rupérez, P. Health-Promoting Effects of a Dietary Fiber Concentrate from the Soybean Byproduct Okara in Rats. J. Agric. Food Chem. 2008, 56 (16), 7495–7501.

Signorini, C.; Carpen, A.; Coletto, L.; Borgonovo, G.; Galanti, E.; Capraro, J.; Magni, C.; Abate, A.; Johnson, S. K.; Duranti, M.; Scarafoni, A. Enhanced Vitamin B12 Production in an Innovative Lupin Tempeh Is Due to Synergic Effects of Rhizopus and Propionibacterium in Cofermentation. Int. J. Food Sci. Nutr. 2018, 69 (4), 451–457.

Handoyo, T.; Morita, N. Structural and Functional Properties of Fermented Soybean (Tempeh) by Using Rhizopus Oligosporus. Int. J. Food Prop. 2006, 9 (2), 347–355.

Mani, V.; Ming, L. C. Tempeh and Other Fermented Soybean Products Rich in Isoflavones. In Fermented foods in health and disease prevention; Elsevier, 2017; pp 453–474.

劉威廷。2020。加拿大植物性飲食全方位進展現況與啟發。國際農業科技新知 No. 88，p18。

卵菌綱植物病原菌的介紹

農試所植病組 黃晉興

一、前言

卵菌綱植物病原菌曾在國際農業上造成多種重大作物疫情，如1845年*Phytophthora infestans*引起馬鈴薯晚疫病造成愛爾蘭大饑荒，其他重要病害如葡萄與瓜類作物的露菌病，都可造成重大的經濟損失。近年來有多種卵菌綱植物原菌入侵台灣，造成嚴重的植物疫情，包括*Phytophthora infestans* US11菌系造成馬鈴薯與番茄晚疫病，數種露菌病包括*Peronospora belbahrii*引起之羅勒露菌病、*Plasmopara obducens*引起之鳳仙花露菌病，及由*Pythiogeton zizaniae*引起之茭白筍基腐病…等，此外，每逢雨季則常在作物出現所謂的“水傷”，許多案例也是由卵菌綱植物病原菌造成(圖一)，這些病原菌造成之作物病害不僅造成作物產量與品質的損失，且每年皆要花費大量的經費用來進行病害防治。

二、卵菌已經不屬於真菌

本文所謂的卵菌 (oomycetes)，指的是分類地位屬於卵菌綱 (Class Oomycetes) 的微生物，俗稱水霉或藻菌，主要的外觀特徵為無間隔的菌絲、卵圓形厚壁的休眠孢子(卵孢子)，與具有游動能力的游走子 (圖二)，因不具葉綠素故無法進行光合作用，需由菌絲分泌酵素將養分在體外分解後，再吸收利用。由於卵菌多數以菌絲生長與吸收外界養分，以及能產生孢子的特性與真菌 (fungus) 相似，故以往一直被認為是真菌界的一員。然而卵菌在雙套染色體生物體態、鞭狀與羽狀各一的雙鞭毛、細胞壁組成、粒線體組成結構，以及有些生物化學特性與一般真菌不同，加上核酸序列的比對和某些藻類（如矽藻、黃綠藻）較近，在1990年之後被分類學者將之與真菌分開。由於大部分卵菌外觀形態與真菌相似，但生理與遺傳性狀有別於真菌，故卵菌又被稱之為擬

作　　者：黃晉興副研究員
連絡電話：04-23317509

真菌 (pseudofungi)。大部分的卵菌喜好有水的環境，多為腐生性，然而有一些是水生動物的寄生菌，更有一些是植物的重要病原菌，甚至是哺乳動物的寄生菌。由於卵菌生理代謝和真菌大不同，大部分的殺真菌劑對卵菌無效，例如用量最大的殺菌劑用藥—固醇合成抑制劑就對卵菌無效，因為卵菌不自行合成固醇，不受該些農藥的抑制。

三、植物病原卵菌的種類

卵菌綱生物依分類系統的不同，最多曾出現15個目，然而絕大部分的植物病原卵菌分類上是屬於水生菌目、露菌目與白銹菌目這3個目(圖三)。

1. 水生菌目(Saprolegniales)：植物病原菌少，只有水生菌科 (Saprolegniaceae) 的綿霉屬 (*Achlya* spp.) 少數種和疣頂霉科 (Verrucalvaceae) 的絲囊霉屬 (*Aphanomyces* spp.) 的部分種是植物病原菌，主要造成浸水的作物出現根腐病徵，嚴重時造成植物死亡。台灣目前還未有此目植物病原菌的報告。
2. 露菌目(Peronosporales)：大部分的植物病原卵菌屬於此目，如腐霉菌

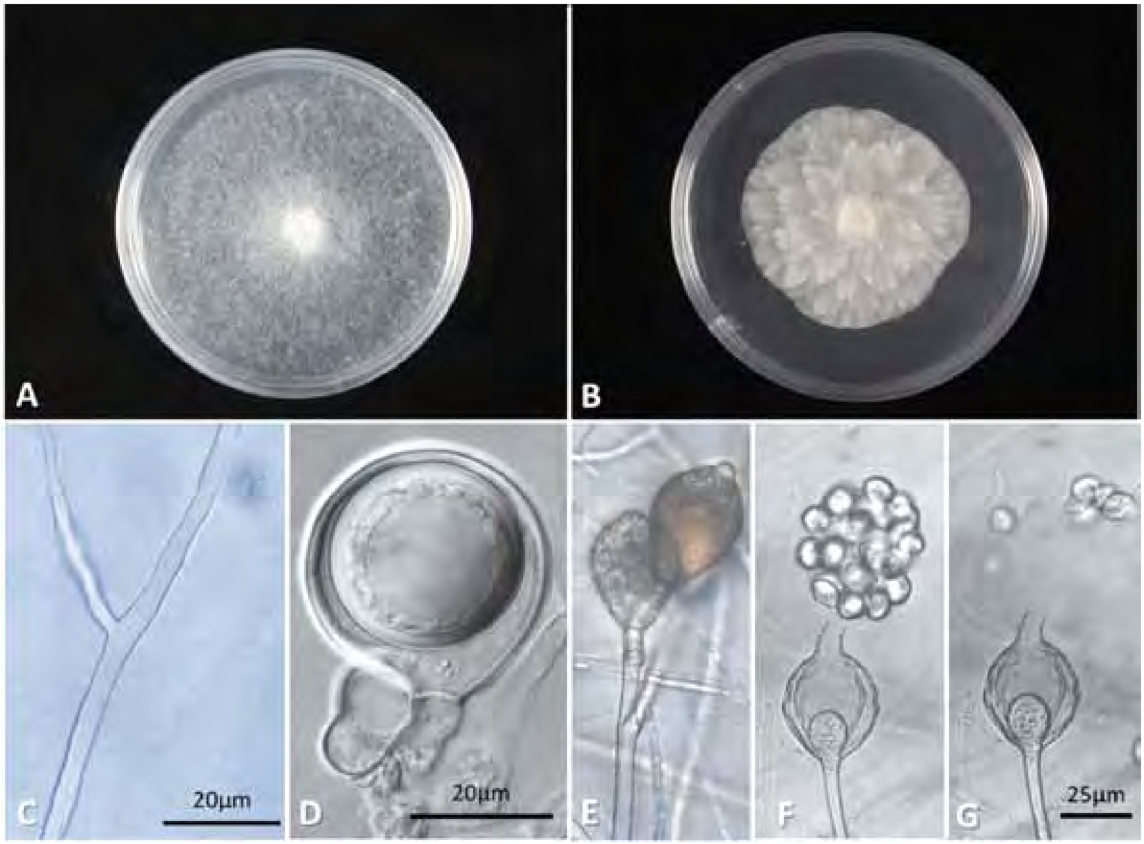
圖一、植物病原卵菌造成作物的病徵。由腐霉菌引起之豌豆苗猝倒病(A)；由亞腐霉菌引起之茭白基腐病(B)；由疫病菌引起之柑橘裾腐病(C)與百香果果疫病(D)；由露菌引起之羅勒露菌病(E)；由白銹菌引起之芥菜白銹病(F)。

科 (Pythiaceae) 的腐霉菌屬 (*Pythium* spp.)、亞腐霉菌屬 (*Pythiogeton* spp.)與*Phytopythium*屬，以及露菌科 (Pernonspoaraceae) 21個屬的露菌 (downy mildew)、疫病菌屬 (*Phytophthora* spp.)等，後者於2014年之前是仍隸屬於腐霉菌科。腐霉菌科的植物病原菌多感染根部或莖基部；露菌科的疫病菌屬大部分種類可感染根部或莖基部，另一部分種類的疫病菌多感染作物地上部；露菌則多為空氣傳播由氣孔侵入而感染作物地上部。

3. 白銹菌目(Albuginales)：目前只有一個科—白銹菌科 (Albugiaceae) 3個屬 (*Albugo*、*Pustula*、*Wilsoniana*)，此科的植物病原菌為空氣傳播由氣孔侵入，而感染作物地上部，對藉水傳播的需求不高。

四、卵菌綱微生物造成的植物病害與其防治

植物病原卵菌可在寄主組織以菌絲或孢囊短期存活數週，亦可於土壤中以卵孢子與厚膜孢子長期存活數年，遇見寄主根部可直接發芽感染，或產生游走子經由流水或雨水飛濺再傳播而感染，



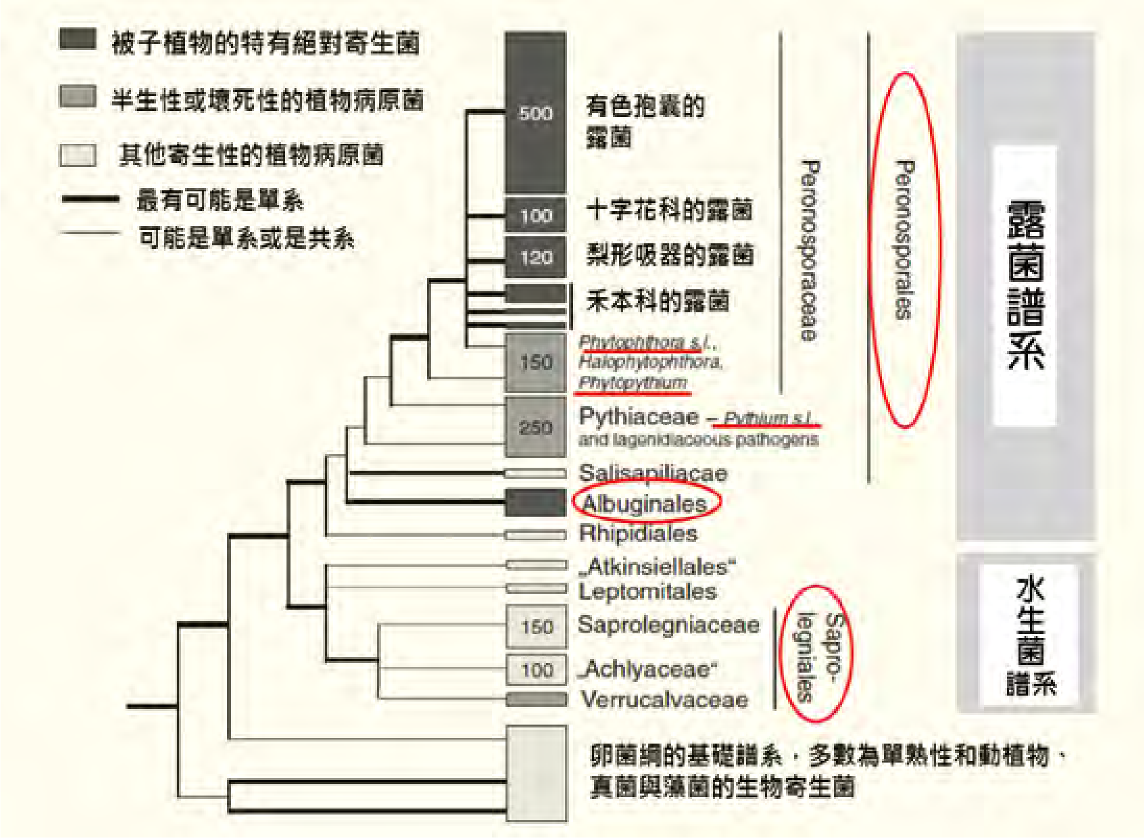
圖二、 卵菌綱微生物在培養基上的菌落(A, B)、菌絲(C)、卵孢子(D)、孢囊(E)與游走子(F、G) 形態。

於植體內外繁殖產生大量繁殖體 (主要是菌絲、孢囊、游走子) 在短時間大規模的傳染，所以在潮濕有游離水存在的環境下較適合感染與傳播。

由卵菌引起之植物病害通常是爆發型的，在適合的氣象環境條件下短期間之內即可造成嚴重危害，所以防治策略主要為：(1)檢疫措施，將重要檢疫病原阻絕在境外，在台灣被列為檢疫卵菌多為疫病菌，例如*Phytophthora infestans* A2、*Phytophthora ramorum*；(2)栽培管理，如使用健康種苗、抗耐病根砧、清除病株病葉病果、注意築高畦與田間排水、遮雨溫室與無土離地栽培、地面覆蓋與草生栽培、土壤或介質高溫處理等；(3)預防勝於治療，如瓜類露菌病好發於春秋兩季、幾天的陰雨就會引起多種作物的嚴重疫病，而這些病害在雨季後再施藥就太遲了，應在好發病的氣象來臨之前就先作好預防的工作，才能大幅減少病害的發生。卵菌用藥如表一所示。

五、結論

病原卵菌所造成的作物病害與氣象關聯甚大，以強降雨的影響最大。在許多研究報告指出，台灣發生強降雨的次數正逐年增加，而由卵菌造成作物病害



圖三、卵菌綱微生物的親緣演化樹 (擷取自2014 Thine)。

表一、植物病原卵菌之防治用藥介紹

FRAC代碼	普通名	滲透系統性	作用特性
A1	滅達樂metalaxyl	系統性	保護、治療
A1	右滅達樂metalaxyl M	系統性	保護、治療
A1	本達樂benalaxyl	系統性	保護、治療、除滅
A1	右本達樂benalaxyl-M	系統性	保護、治療、除滅
A1	毆殺斯oxadixyl	向上移行	保護、治療
A3	殺紋寧hymexazole	系統性	土灌、種子被覆
B3	座賽胺zoxamide	無	保護兼具殘效
B5	氟比來fluopicolide	葉部穿層移動	保護、治療
C3	亞托敏azoxystrobin	穿層滲透系統移行	保護、治療、除滅
C3	克收欣Kresoxim-methyl	表層氣化態擴散	保護、治療、除滅
C3	三氟敏trifloxystrobin	局部系統性	保護
C3	凡殺同famoxadone	局部滲透性	保護
C4	賽座滅 cyazofamid	中等穿層滲透	殘效；耐雨；保護、治療
C4	安美速amisulbrom	穿層滲透	殘效；耐雨；保護、治療
C8	滅脫定ametoctradin	蠟質角質層結合	保護
F3	依得利etridazole	根部吸收	保護、治療
F4	普拔克propamocarb	向上移行	保護
H5	達滅芬 dimethomorph	局部系統性	葉噴保護兼治療,
H5	曼普胺 mandipropamid	無	葉噴保護兼治療,
M1	銅劑 copper	無	保護
M3	鋅錳乃浦mancozeb	無	保護
M4	蓋普丹captan	無	保護
M5	四氯異苯腈chlorothalonil	無	保護
U	克絕cymoxanil	局部移行	葉噴保護兼治療
U	福賽得fosetyl-Al	系統性	提升寄主免疫兼具抗菌性
U	亞磷酸及其鹽 phosphorus acid and salts	系統性	提升寄主免疫兼具抗菌性

*保護劑不能滲入植物體內，只在外表；治療劑與除滅劑則可滲入甚至移行。

*本表僅為參考，不同的作物有不同的用藥推薦，應用時可參考植物保護手冊，或上網 “植物保護資訊系統https://otserv2.tactri.gov.tw/ppm/” 查詢。

的規模較往年嚴重，例如2018年的7-8月、2019年5-8月幾次強降雨造成青蔥、瓜類、木瓜、百香果等作物的嚴重病害皆由卵菌造成。不同種類的卵菌、不同作物或不同栽培模式造成大規模病害的氣象條件也可能不相同，皆需要有研究數據也能精準預測病害的發生，才能有效的防治病害，故氣象預測將是未來用來防治由植物病原卵菌所造成的病害之重要工具，為因應氣候變遷的台灣農業應有的作為。

農桿菌媒介接種番茄黃化捲葉泰國病毒及其應用

農試所植病組 鄭櫻慧 蔡筱婷　農試所應動組 林鳳琪
農試所作物組 康樂　屏東科技大學 江主惠

一、前言

根據108年農業統計年報資料，加工及食用番茄 (tomato, *Solanum lycopersicum* Mill.)在國內的栽培面積約4,325公頃，產量達104,793公噸，產值3,887,847千元，是我國重要的蔬果。番茄病害種類繁多，嚴重發生時影響產量及農民收益，重要病害包括萎凋病 (*Fusarium oxysporum Schltdl*. f. sp. *lycopersici*)、 晚疫病 (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary)、疫病 (*Phytophthora capsici* Leon.)、青枯病 (*Ralstonia solanacearum*)、細菌性斑點病 (*Xanthomonas euvesicatoria*, *X. perforans* & *X. vesicatoria*) 和病毒病等。病毒病以粉蝨傳播的豆類黃金嵌紋屬 (*Begomovirus*) 病毒引起的捲葉病最為嚴重，若粉蝨密度控制稍有不慎，常造成全園全面發生，嚴重時導致全軍覆沒而全無收成。台灣有紀錄引起番茄捲葉病的begomoviruses有藿香薊葉脈黃化病毒 (ageratum yellow vein virus, AYVV)、霍香薊葉脈黃化花蓮病毒 (ageratum yellow vein Hualien virus, AYVHuV)、番茄捲葉新竹病毒 (tomato leaf curl Hsinchu virus, ToLCHsV)、番茄捲葉台灣病毒 (tomato leaf curl Taiwan virus, ToLCTWV)及番茄黃化捲葉泰國病毒 (tomato yellow leaf curl Thailand virus, TYLCTHV)等。2005年以前以ToLCTWV為引起捲葉病的主要病毒，之後逐漸由TYLCTHV取代成為主要病毒，大部分的捲葉病為複合感染。病毒病害無法使用農藥直接防治，防治媒介昆蟲能夠有效降低病毒傳播速度。台灣初秋至春末常遇到乾旱少雨的氣候，粉蝨大量發生，此時高海拔地區與平地番茄栽培時期重疊，常使番茄捲葉病大量發生。培育抗病品種是防治病毒病害最經濟有效的方法，目前抗捲葉病是番茄選育很重要的育種目標。番茄主要抗病基因存在於野生種，已知抗性基因有*Ty-1* (來自智利番茄 (*Solanum chilense*))、*Ty-2* (來自野生番茄 (*S.*

作　　者：鄭櫻慧副研究員
連絡電話：04-23317517

habrochaites))、*Ty-3* (來自智利番茄)、*Ty-4* (來自智利番茄) 及 *Ty-5* (來自秘魯番茄 (*S. peruvianum*))、*Ty-6* (來自智利番茄)。目前已知病毒的C2基因與*Ty-2* 抗病基因作用，病毒若有beta衛星核酸則可以克服*Ty-1*抗病基因。亞蔬－世界蔬菜中心的研究顯示，單一抗病基因對於TYLCTHV或複合感染無法有效抵抗，組合兩個以上抗病基因能得到較明顯的防治效果。

二、農桿菌媒介接種番茄黃化捲葉泰國病毒

番茄捲葉病相關病毒的傳播特性:豆類黃金嵌紋病毒屬病毒經由粉蝨傳播，除了豆類黃金嵌紋病毒 (bean golden mosaic virus, BGMV)、番茄捲葉新德里病毒(tomato leaf curl New Delhi virus, ToLCNDV)可機械傳播之外，大部分的病毒無法機械接種。學者以能機械接種傳播與不能機械接種傳播的ToLCNDV研究，發現移動蛋白(movement protein, MP)的第19個胺基酸決定ToLCNDV能否被機械接種。番茄黃化捲葉泰國病毒雖有機械接種報告，但僅限於特定品種，病毒在田間主要以粉蝨進行傳播。

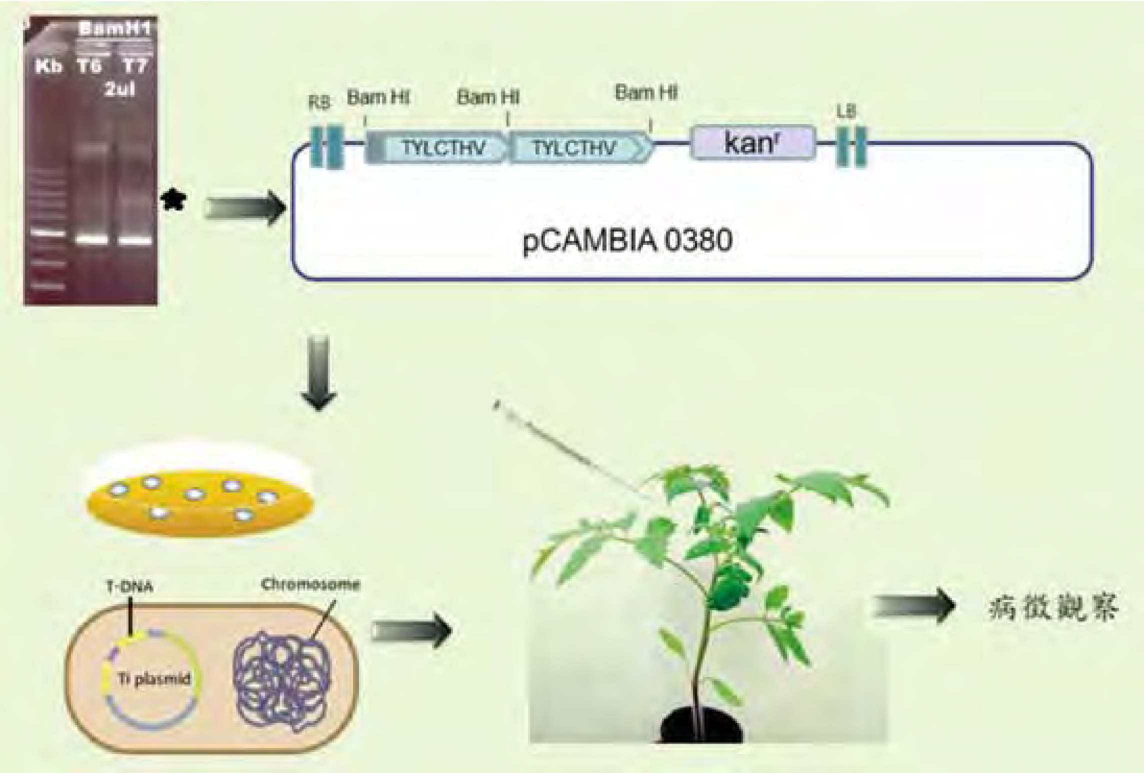
農桿菌媒介感染原理：自然界的農桿菌(*Agrobacterium tumefaciens*)為一種造成植物冠纓病的病原細菌，此細菌能把致腫瘤質體(Ti-plasmid)的T-DNA從細菌轉移到植物細胞並嵌入植物染色體，迫使植物細胞不斷增生並生產特殊胺基酸衍生物，作為農桿菌的碳素源及氮素源。科學家改造Ti-plasmid，去除致腫瘤基因，留下轉移特性相關基因，構築基因轉殖載體。Ti轉殖載體除了應用於轉殖外源基因培育基因轉殖作物之外，也常用於媒介難以接種或無法接種的病毒感染寄主植物。以番茄黃化捲葉病毒為例，將病毒全基因體置於T-DNA之內，利用農桿菌感染將病毒導入植物細胞，之後病毒即可進行複製達到感染植物的效果。溫度超過30℃會導致Ti質體不穩定而自農桿菌消失，失去基因轉移的能力，因此培養具有基因轉移能力的農桿菌、利用農桿菌進行轉殖或媒介病毒感染都需要在低於30℃的環境進行。

農桿菌媒介豆類黃金嵌紋屬病毒接種流程:農桿菌媒介豆類黃金嵌紋屬病毒接種流程如圖一：(1)首先抽取罹病植物的總量DNA，進行滾環式擴增法(rolling cycle amplification, RCA)，RCA產物以限制酶進行部分剪切，得到2倍基因體的串聯重複(tandem repeats)；(2)串聯重複置入Ti質體的T-DNA，此Ti質體轉殖至農桿菌；(3)在植物製造傷口協助農桿菌感染，使T-DNA轉移至傷口附近之植物細胞，即完成接種過程；(4)接種植株置於溫室中觀察病徵發展(圖二)，用PCR檢測感染與否(圖三)。接種使用之器具、保濕棉花及試驗後植株以高溫高壓滅菌銷毀。步驟(1)中所示為只有DNA-A的單基因體病毒的流程，如AYVV。TYLCTHV等有DNA-A及DNA-B的雙基因體病毒，RCA產物須以不同限制酶部分剪切處理，分別得到DNA-A及B的串聯重複，2

串聯重複可置入同一Ti質體或置入不同Ti質體及農桿菌，再以混合菌液進行接種。

三、農桿菌媒介接種篩選番茄抗病性的優缺點

優點：(1)接種原確定：以攜帶病毒的農桿菌作為接種原，農桿菌可以用細菌的操作方法長期保存、單一菌落分離保持純度及培養接種菌原都有既有條件執行，保持接種原確定。(2)可調式複合接種：可以依照育種導入的抗病基因，選擇適合的接種病毒菌株或數種病毒株複合接種，接種病毒確定無誤，增加接種試驗準確度。以粉蝨進行傳毒需要持續準備不同感染原植株，分別飼育粉蝨使其帶不同病毒，準備工程相對浩大且不易進行，且必須完全隔絕粉蝨才能避免交互汙染。(3)發病時間一致：農桿菌媒介接種到植株發病時間會因為氣溫等環境條件或植物抗性而有數天的差異，但接種後測試植物受到的接種病毒壓力一致，發病的時間一致，較粉蝨傳毒需要的觀察時間短，節省試驗時間。(4)優化試驗環境：以粉蝨傳毒進行不同條件接種病毒時需要在昆蟲飼養籠內進行，

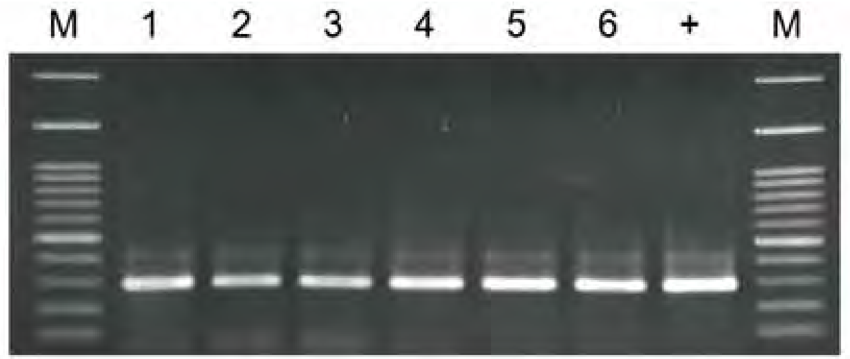


圖一、農桿菌媒介番茄黃化捲葉病毒的試驗流程。以罹病植物的總量DNA進行滾環式擴增再以限制酶進行部分剪切，得到2倍基因體的串聯重複(星號標示)，串聯重複置入Ti質體的T-DNA，此Ti質體轉殖至農桿菌，在植物製造傷口協助農桿菌感染，使T-DNA轉移至傷口附近之植物細胞完成接種過程，接種植株至於溫室中觀察病徵發展。圖中農桿菌示意圖摘自網頁 (http://2010.igem.org/Team:Nevada/Agrobacterium_Transformations)。

飼養籠光照不足，不如農桿菌媒介接種可以直接放置於溫網室，番茄生長條件與一般栽培環境類似，可以準確觀察病毒對測試品種的影響。(5)無需飼育粉蝨：粉蝨飼養需要較長時間，也容易受到氣候影響，農桿菌媒介接種的接種原只需在定溫生長箱培養2天，操作上容易很多。(6)節省試驗空間：測試植株接種後可以置於一般溫網室觀察，不需要特別隔離，大幅節省試驗需要的空間。以測試品種的葉片圓盤接種病毒，進行篩選可抑制病毒複製的品種，一個培養皿就能篩選數個測試品種，更是大幅節省試驗空間與管理人力。

缺點：(1)漏失抗粉蝨的種原材料：抗粉蝨的種原材料不但能降低粉蝨族群，也能達到防治病害的效果，不經由粉蝨傳毒，而以農桿菌接種時會因為植株表現病徵誤判而漏失這些測試抗粉蝨的種原材料。(2)接種強度固定：農桿菌媒介接種後病毒基因插入穿刺傷口附近細胞，原理上可以持續轉錄產生病毒，類似帶毒粉蝨不斷傳入病毒，接種壓力較強。以粉蝨傳毒則可以利用控制帶毒粉蝨數量，測試不同的接種強度。

圖二、番茄捲葉病田間病徵(圖左)，農桿菌媒介接種4週後，農友301番茄植株觀察到的新葉捲曲病徵。



圖三、農桿菌媒介接種番茄3週之後，抽取植株上位葉的總量核酸，以TYLCTHV的專一性引子對(TYup: ^{2454} CTGCAGATTCTGATGAATAA^{2475}/ TYdw: ^{2725}AATATTA(A/T)(A/T/C/G)CGGATGGCCGC^{2744})進行PCR檢測，6棵接種植株均檢出媒介接種的TYLCTHV。

四、結語

根據台灣植物病害名彙記載，農桿菌感染紫花宿苑、萘菜、桉樹、榕樹、蘋果及薔薇等植物引起癌腫病，為台灣常見病原細菌。媒介接種使用的農桿菌已去除造成癌腫基因，不會造成植物病害，類似土壤中的腐生細菌。T-DNA導入的轉型細胞僅限於接種部位，不會增殖，能夠造成病毒接種的效果是因為T-DNA導入植物細胞之後，以病毒本身基因進行複製，而造成植物感染。因為具有接種病毒的確定，可以依導入基因篩選病毒組合等優點，農桿菌媒介接種番茄黃化捲葉泰國病毒很適合配合分子育種，進行確認選育品種的抗病性，以農桿菌媒介還可以節省植物栽培空間與發病觀察時間，大幅提升抗病篩選的效率。以實驗室建立的番茄黃化捲葉泰國病毒農桿菌媒介接種系統接種番茄農友301品種，在2周內觀察到80-90%的植株出現明顯的新葉捲曲的典型病徵。應用此技術參與「提升輔助產業升級之耐逆境蔬菜選育技術」研究計畫，評估國內各改良場所培育之潛力番茄品種進行抗病特性評估。如果用農桿菌媒介接種進行種原篩選，則需要注意是否具有抗粉蝨的特性，避免漏失珍貴種原。農桿菌媒介接種番茄捲葉病毒等無法機械接種的雙生病毒，有機械接種的快速準確與便利，省去以粉蝨等媒介昆蟲傳播感染的麻煩，協助分子育種確認抗病基因效果，實為抗病育種的利器。

五、參考文獻

Czosnek H., Kheyr-Pour A., Gronenborn B., Remetz E., Zeidan M., Altman A., Rabinowitch H.D., Vidavsky S., Kedar N., Gafni Y., Zamir D., 1993. Replication of Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) DNA in agroinoculated leaf discs from selected tomato genotypes. Plant Molecular Biology 22: 995-1005.

Kheyr-Pour A., Gronenborn B., Czosneck S., 1994. Agroinoculation of Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) overcomes the virus resistance of wild Lycopersicon species. Plant Breeding 112: 228-233.

Lee B. C., Ueda S., Yoon Y.-N., Shin D. B., and Kang H.-W. 2014. Molecular characterization of Tomato yellow leaf curl virus in Korea and the construction of an infectious clone. Res. Plant Dis. 20: 219-222.

Tsai, W. S., S. L. Shih, L. Kenyon, S. K. Green, and F. J. Jan. 2011.Temporal distribution and pathogenicity of the predominant tomato-infecting begomoviruses in Taiwan. Plant Pathology 60:787-799.

Yan, Z., P. Ana, D. Maria, H. Samuel, V. Richard, W. Anne-Marie, Y. Bai, and J. Li. 2018. Resistance to Tomato Yellow Leaf Curl Virus in Tomato Germplasm. Frontiers in Plant Science, 9.

漫談新興育種技術與番茄原生質體培養系統之應用

農試所生技組 夏奇鋁 游舜期 杜元凱 曹進義

一、前言

品種改良是糧食生產的基石也是農業進步的根本，在受到氣候變遷、戰爭、或疫情影響而面臨糧食缺乏挑戰時，種苗往往被歸屬為廣義之戰略物資，必須加以保護或管制以確保國家的糧食安全。利用傳統育種方法育成一個新品種所需時間平均約8-10年，而基改作物因必須針對其安全性加以評估，上市所需時間更長達8-12年，因此只有少數國際級之大型種子公司具有參與開發的能力。雖然世界各國對基改作物的看法與立場不一，但依據國際農業生物技術應用推廣協會 (ISAAA) 公布之《2018全球基因改造作物商業化種植現況》年度報告，基改作物自1996年首次開放商業化種植以來，種植面積從最初的170萬公頃，一路上升至2018年的1.917億公頃，近年來之增幅雖然趨緩，但以2018年與前一年相較，仍續增了190萬公頃。從另一角度來看，即便是對基改作物抱持著反對立場的歐盟國家也高度仰賴基改作物原料，在 2017 年進口了 6.2 千萬公噸的基改玉米、3.3 千萬公噸的基改大豆，以及超過 3.8 百萬公噸的基改油菜及其副產物，雖然目前基改作物要在歐盟市場商品化的時間看似遙遙無期，但隨著各種創新育種技術不斷開發出來，藉由新科技克服過往對基改作物之各種疑慮確實有其可行性。

二、新興育種技術興起

以Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats/ CRISPR-accociated protein 9 (CRISPR/Cas 9) 方法進行基因編輯 (gene editing) 是近年來受到科學界矚目的新科技，運用此一技術於植物品種改良能更精準的修正遺傳物質，為物種改良帶

作　　者：夏奇鋁研究員
連絡電話：04-23317327

來極大之契機 (Jaganathan *et al*. 2018)。技術本身主要是利用定點核酸酶 (site-directed nuclease) 辨識基因組上的特定序列加以剪切，造成DNA序列改變，若因此造成基因無法正常讀序，便形成所謂剔除 (knock-out) 突變體，此種形式之基因編輯與傳統利用物理、化學或自然產生之突變並無相異之處，因此在「卡塔赫納生物安全議定書」(Cartagena Protocol on Biosafety) 中，傾向不被視為基因改造生物體。此外，若配合特定的轉殖技術，在基因編輯後並不會留下任何之外源基因。就此點而言，即與過去基改作物在其基因體上所受到之改變有著本質上的差異，某些國家因此將基因編輯作物從基改管理中豁免出來，許多中小型種苗公司遂有機會利用此一技術參與新品種的育成，可以預期未來種苗產業百家爭鳴時代的來臨。利用基因編輯技術將CRISPR/Cas 9核糖核蛋白 (ribonucleoprotein, RNP) 送入細胞中，且避免轉殖載體如農桿菌本身或其所攜帶外源基因的導入，獲得無外源基因導入之基因編輯植株是目前認為較為理想之DNA-free轉殖策略，但如何讓大分子之RNP不受到植物細胞特有之細胞壁的阻擋，經由細胞膜直接進入細胞之中，除了利用轉殖法中如聚乙二醇法 (polyethylene glycol, PEG) 或電穿孔法之外，還必須配合使用已去除細胞壁之原生質體方能成功完成轉植。由此看來，一個具有再生能力之原生質體培養系統是利用此一轉殖策略必要之元素，這也凸顯出作物本身組織培養的特性，有可能成為未來基因編輯技術應用的關鍵決勝點。以下將以番茄為例，介紹原生質體培養的過程。

三、番茄原生質體培養

番茄是全球性的重要蔬果，對滿足人類營養需求有極大貢獻，番茄作為指標作物其相關組織培養之研究相當豐富，包括種苗大量繁殖、細胞培養、單倍體培養、體細胞雜交等 (Bhatia *et al*. 2004)。番茄原生質體培養研究始於1970年代，在80至90年代仍有許多研究投入，當時建立原生質體培養系統的主要目的在進行體細胞融合 (somatic hybridization)，但隨著基因轉殖技術興起後，大多數之研究改以具有再生力之細胞或組織直接進行轉殖，原生質體培養系統則因技術門檻較高、再生所需時間較長或再生率偏低而不再受到重視，從而造成之後長時間的研究斷層。檢視植物原生質體培養系統的建立，可將其概括分為原生質體分離與原生質體再生兩大部分，原生質體分離的效率可從原生質體之分離量 (每克鮮重可分離之細胞數) 來評估，一般受到材料來源、前處理及酵素處理的影響；原生質體再生則可利用平板接種效率 (plating efficiency) 來評估，一般受到原生質體的活性、接種密度以及再生培養基成分影響 (Chen *et al*. 1994, Hossain *et al*. 1995, Davey *et al*. 2010)。茲以番茄原生質體分離與再生之過程，依序分述如下：

材料來源－原生質體的最佳來源為葉片之葉肉細胞，葉片材料可取自田間、溫室或瓶苗，葉片包括如子葉、真葉以及不同葉齡葉片，外在環境 (長日、低光照) 與葉片本身之生理狀態對於後續原生質體品質的影響常容易被忽略。一般而言，無菌播種長出之子葉以及瓶苗之幼嫩葉片 (圖一)，因其發育階段為幼年期，且具有無菌之特性，較取自田間或溫室之葉片更適合作為原生質體分離之材料，其優點包括碎片雜質較少、品質較穩定以及較低的汙染率。

前處理－針對施於植株或葉片之前處理，主要在幫助葉片細胞適應酵素處理逆境、減少細胞褐化以及提高原生質體的數量與品質，更重要的是啟動細胞的競爭力 (competence) 奠定細胞再生之基礎。一般以植株進行暗處理、低溫處理以及將葉片施以漸進式膜壁分離 (plasmolysis) 來達成。

酵素處理－目的在破壞植物細胞特有之細胞壁，將其內之葉肉細胞析出，得到只具細胞膜且各自獨立的原生質體。破壞細胞壁之酵素種類主要是果膠及纖維素酵素，不同物種可針對酵素的種類、處理濃度及處理時間加以適當調整，上述因子將直接影響原生質體析出之效率，但追求高析出率必須兼顧原生質體的品質，否則將影響到後續細胞的活性與接種效率。圖二為去除細胞壁含有多量葉綠體之番茄葉肉細胞原生質體。高活性的原生質體是進行PEG或電穿孔轉殖方法的最佳材料，大分子之RNP在適當轉殖方法配合下，有機會穿過細胞膜進入細胞之中，繼而進行基因編輯的工作。

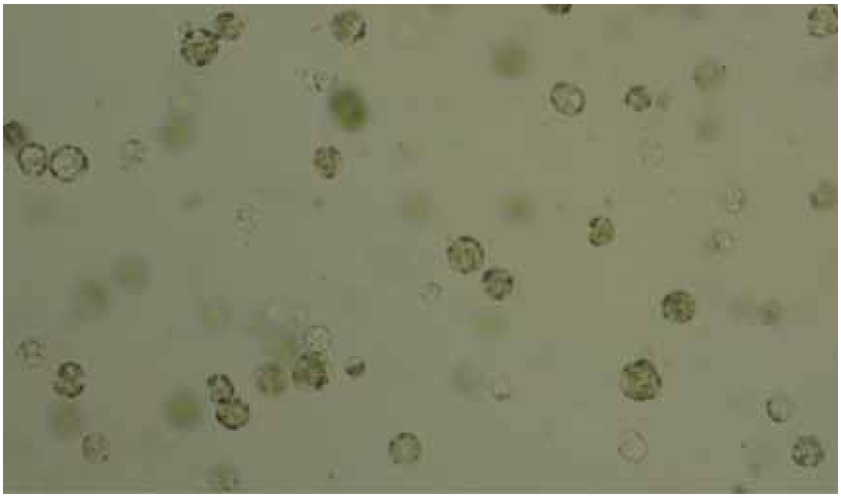
圖一、利用番茄瓶苗葉片作為分離葉肉細胞原生質體之材料。

平板接種－單細胞之原生質體相當脆弱，轉殖後之原生質體更有過之，其生長受到培養基、培養環境及細胞群體效應的影響，接種細胞數太高易造成細胞間的營養競爭，但細胞密度太低則不利於細胞生長，必須依照培養階段將接種數量及培養基成分加以適當調整，才能幫助細胞順利生長。

細胞再生－由原生質體長出之細胞團塊 (癒傷組織) 或體胚細胞在生長至一定大小後，必須將上述新生組織繼代至再生培養基中促進芽體的生長，再生培養基中通常添加有促進芽體再生的植物生長調節劑，在芽體長出後再繼代至不含生長調節劑或少量生長素 (auxin) 的培養基中促進根系生長，最後發育成為一個完整之植株。

四、結語

運用基因編輯技術於作物育種具有相當寬廣的發展空間，但必須靠組織培養、分子遺傳研究人員以及育種家的密切合作方能完成，儘管分子生物領域不斷有新的發現與突破，但囿於生物特性仍強烈主宰著個別作物的再生反應，番茄原生質體培養系統當然也不例外，因此組織培養學者必須持續投入更多之努力來提高原生質體的培養效率，讓新興育種技術在實現產業化的道路上更加平坦易行。



圖二、以番茄瓶苗之葉片為材料分離出來之葉肉細胞原生質體。

五、參考文獻

Bhatia P., N. Asheath, T. Senaratna, D. Midmore. 2004. Tissue culture studies of tomato (*Lycopersicum esculentum*). Plant Cell, Tiss Org Cult 。78: 1-21.

Chen LanZhuang and T. Adachi. 1994. Plant regeneration *via* somatic emcryogenesis from cotyledon protoplasts of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Breeding Sci. 44: 257-262.

Davey M. R., P. Anthont, D. Patel and J. B. Power. 2010. Plant protoplasts: isolation, culture and plant regeneration. in Plant Cell Culture: Essential Methods, eds M. R. Davey and P. Anthony. John Wiley and Sons. Pp 153-173.

Hossain M., S. Imanishi and Egashira H. 1995. An improvement of tomato protoplast culture for rapid plant regeneration. Plant Cell, Tiss Org Cult 42: 141-146.

Jaganathan, D., Ramasamy K., Sellamuthu G., Jayabalan S. and Venkataraman G. 2018. CRISPR for crop improvement: an update review. Front. Plant Sci. 9: article 985, pp 1-17.

使用Mothur軟體進行土壤微生物群落組成分析

農試所生技組 杜元凱 陳涵葳 林彥君

一、前言

土壤微生物有助於分解土壤中之有機物質、協助固氮作用進行及抑制作物病原菌增殖，土壤中之碳、氮、磷、硫的循環利用亦都需要微生物的參與，因此土壤微生物的多樣性在農業生態中特別重要。環境基因體學 (metagenomics) 是基於微生物學與次世代定序技術，直接萃取環境樣品DNA進行定序，藉由分析環境樣品中微生物組成之多樣性、豐富度，推估環境因子與微生物群落動態消長關係的研究 (Neelakanta and Sultana, 2013)。目前最常用的環境微生物分析方法有2種：其一針對微生物基因體之特定基因或區域 (如原核生物16S rRNA、真核生物18S rRNA及ITS)，以PCR增幅序列後搭配Illumina或其他定序平台做序列分析，可鑑別物種到屬層級，稱為擴增子定序 (amplicon sequencing)；另可選擇將樣本中所有微生物基因體進行定序分析，以求準確至種或菌株層級，稱為總體基因體定序 (whole metagenome sequencing, WMS)。以擴增子定序為例，細菌用於鑑別物種的16S rRNA基因全長約1.6 kb，具有V1－V9共9個高度變異區 (high variable regions)，而土壤樣本多選用V1－V3或V3－V4的變異區進行PCR增幅，並搭配Illumina平台進行定序。擴增子序列間的比對可依據97%之序列相似度分類為個別之操作分類單位 (operational taxonomic units, OTUs)，或是採用誤差校正模型講求高解析度的擴增序列變體 (amplicon sequence variants, ASVs) 找出更精確的基因體差異。隨著16S rRNA基因定序的普及，許多分析軟體相繼推出，譬如基於操作分類單位進行聚類分析的QIIME-uclust、MOTHUR及USEARCH-UPARSE，或是以擴增序列變體為主要分析流程的DADA2、Qiime2-Deblur、USEARCH-UNOISE3等套件。有鑑於不同分析軟體工具的流程差異，應根據實驗室既有資訊設備與訴求建立最

作　　者：杜元凱助理研究員
連絡電話：04-23317321

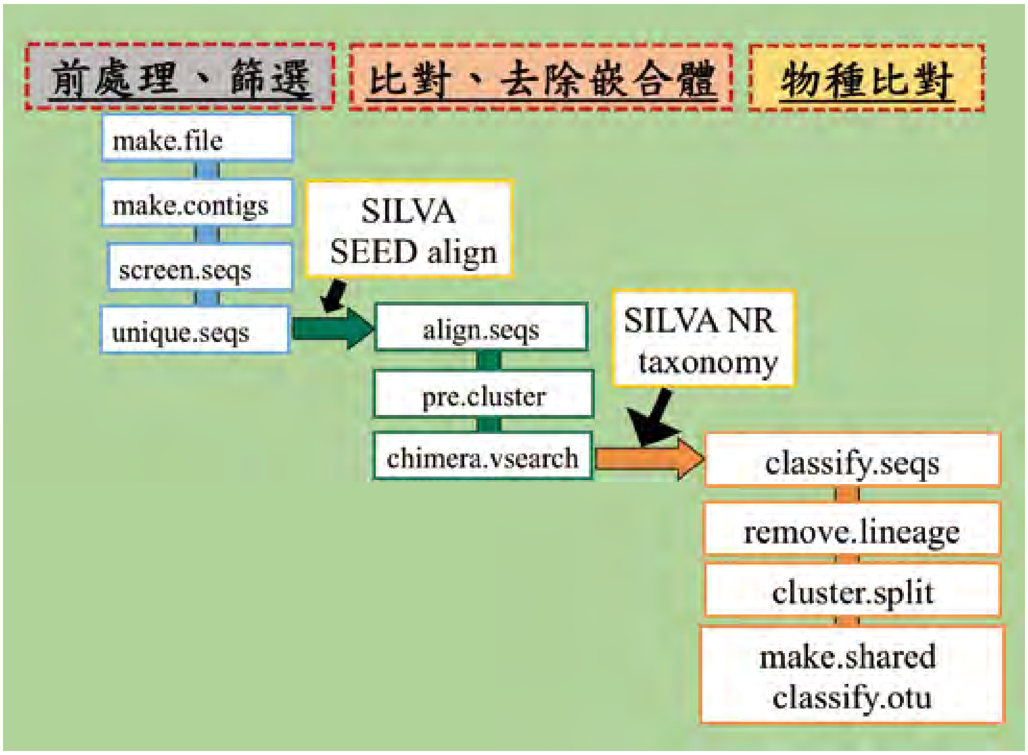
合理的分析流程。本文將簡述Mothur軟體之分析流程與指令涵義，提供對環境微生物資料統計與生物多樣性分析有興趣者在使用上之參考。

二、Mothur軟體介紹

Mothur軟體是2009年密西根大學醫學院的Patrick D. Schloss團隊以C++程式語言編寫所開發的分析工具，其整合了多個計算序列間成對距離矩陣之套件並優化其功能，透過輸入命令行完成序列組裝、過濾與篩選、資料比對及操作分類單位分析等步驟，亦可計算物種豐富度、均勻度等指標以分析樣本的微生物族群多樣性 (Schloss et al, 2009; Schloss, 2020)。Mothur結合功能強大的數據庫工具和系統發展套件包，做為免費的開源工具開放給大眾使用，使用者可於Mothur官方網站 (https://mothur.org/) 依據作業系統環境下載Windows、Mac OSX或Linux系統平台適合的壓縮檔，在解壓縮後即可使用，無須複雜的封包安裝。Mothur網站也提供SOP操作範例與教學論壇，方便使用者依據不同定序儀器處理序列資料微調樣本之分析流程 (Kozich et al, 2013)。

三、Mothur分析流程

Mothur軟體的分析流程包括序列資料分析、群落內的多樣性分析以及群落間多樣性分析，以下將逐一介紹(圖一)。



圖一、Mothur SOP分析流程，包括樣本前處理(pre-processing)**、組裝比對**(assembly)**、聚類與多樣性分析**(cluster analysis)。

(一) 序列資料分析

1. 序列讀取與組裝：make.file指令可設定檔案路徑、兩股序列檔案名稱及輸出名稱，再透過make.contigs指令將雙端定序資料合併成單一個fasta檔案。輸出檔案時可使用summary.seqs指令查看序列數量、reads的平均長度以及重複的同元序列 (homoploymer) 等資訊。
2. 序列資料篩選：合併後的片段重疊群 (contig) 可能含有相當多的非專一PCR擴增片段或低品質序列，都可經由screen.seqs指令設定篩選參數。例如使用341F/805R引子對增幅16S rRNA V3－V4目標片段，雙端測序合併後之序列長度估計為約430 bp，考慮到不同物種V3－V4序列鹼基可能含有插入或缺失，可設定maxlength=500去除過長的片段重疊群。另外若兩股鹼基配對不一致產生之不明確的序列 (ambiguous sequence)，可設定參數maxambig=0，提高分析的嚴謹度。若序列含有barcode和引子序列，亦可使用trim.seqs指令讀取指定的文件，刪除對應位置之序列資料。
3. 序列資料處理：為增加處理效能，序列資料可經由unique.seqs指令篩選單一序列 (unique sequence)，將序列中非保留性的特有區域擷取出來，以減少分析運算時間。產出的fasta檔案與經pcr.seqs指令過濾目標區域的參考基因體數據進行比對 (align.seqs)，再經由screen.seqs指令將因插入或刪除導致位置偏移的序列，重新訂定序列起始與終止位置。
4. 過濾與預聚類分析：使用filter.seqs辨識fasta檔案序列中的特定字符(例如「-」、「.」、「N」等)，設定vertical=T及trump=.，移除欄位中不含序列資料的行數以節省檔案空間。在多數欄位被去除後，資料改以pre-cluster指令做歸類，根據參數diffs設定分群，以加快後續聚類分析計算，例如diffs=2代表序列將以出現2個或2個以內不同配對差異做分組，再按照序列出現次數由高至低排序。
5. 嵌合體去除：以指令chimera.vsearch搭配VSEARCH套件，可尋找含有嵌合體之序列。參數設定方面可在指令輸入時加入參考基因體如SILVA gold database，或使用denovo方法進行分析。執行完的輸出檔 (*.accnos) 可查閱被認定含有嵌合體的序列，再以remove.seqs指令從fasta檔案移除序列。
6. 物種比對：與參考資料庫中已知之物種比對，依據97%序列相似度的操作分類單位 (OTUs) 做分群。數據首先經classify.seqs指令進行分類演算法及資料庫比對，並經由remove.lineage指令移除葉綠體或粒線體基因等非目標序列。之後Mothur根據classify.seqs指令產出的*.taxonomy格式文件，使用dist.seqs與cluster指令進行成對距離計算與聚類分析，設定cutoff=0.03，將97%相同度之序列視為同一個OTU。

聚類分析亦可使用cluster.split替代原先的dist.seqs及cluster指令，該指令會將距離數值較大的參數分開個別運算再進行聚類分析，可加快運行速度並減少占用內存。處理完的*.list格式文件經由make.shared及classify.otu分別建立對應的OTU表單，make.shared指令產生*.shared格式文件以每個組別中每個OTU含多少序列做呈現，而classify.otu產生之*.taxonomy與*.tax.summary格式文件會記錄每個OTU所屬的物種階層。

(二) 群落內多樣性分析 (alpha diversity)

當樣本中物種數目越多，代表其物種豐度 (richness) 越大，可根據樣本中的序列數繪製成稀疏曲線 (rarefaction curve)，反應出樣本定序數量與觀察到的OTU數量的關係 (圖二)，或以豐度等級曲線 (rank-abundance curve) 同時呈現樣本中物種豐度與均勻程度。而Shannon-Wiener's Diversity Index和Simpson's Diversity Index可用於判別群落內多樣性的高低，前者指標同時考量物種數和物種均勻度，愈豐富均勻的群集其數值愈高，代表具較高的生物多樣性；後者則是以機率抽樣的概念隨機抽取兩個體來評估是否為同一物種，強調物種豐度的重要性，為方便呈現數值差異會以倒數函數之曲線關係作圖 (圖二)。

(三) 群落間多樣性分析 (beta diversity)

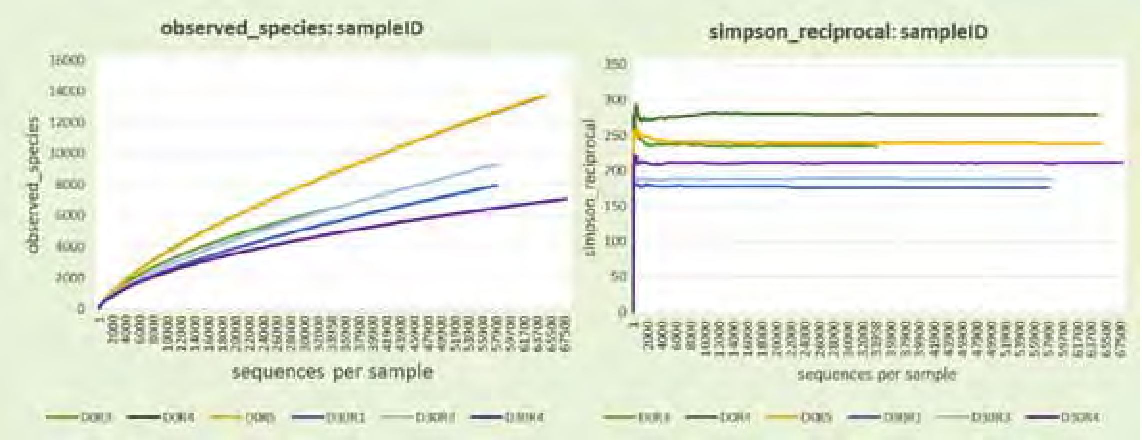
反應不同環境或處理介入前後微生物群落的差異，著重在環境因子與各群落組成差異。為了方便對照常以PCA、PCoA、heatmap以及階層式聚類法等方式將數據差異視覺化，使用的指標參數例如Jaccard index比較兩群落間共有物種數並推算相似性，Bray–Curtis similarity則計算兩群落物種數與組成是否具有一致性(圖三)。若要分析群落間物種的親緣關係，可另使用UniFrac套件 (Unique Fraction) 呈現系統發生樹，或利用Mothur內建的unifrac.weighted以及unifrac.unweighted兩種指令計算距離。

四、結語

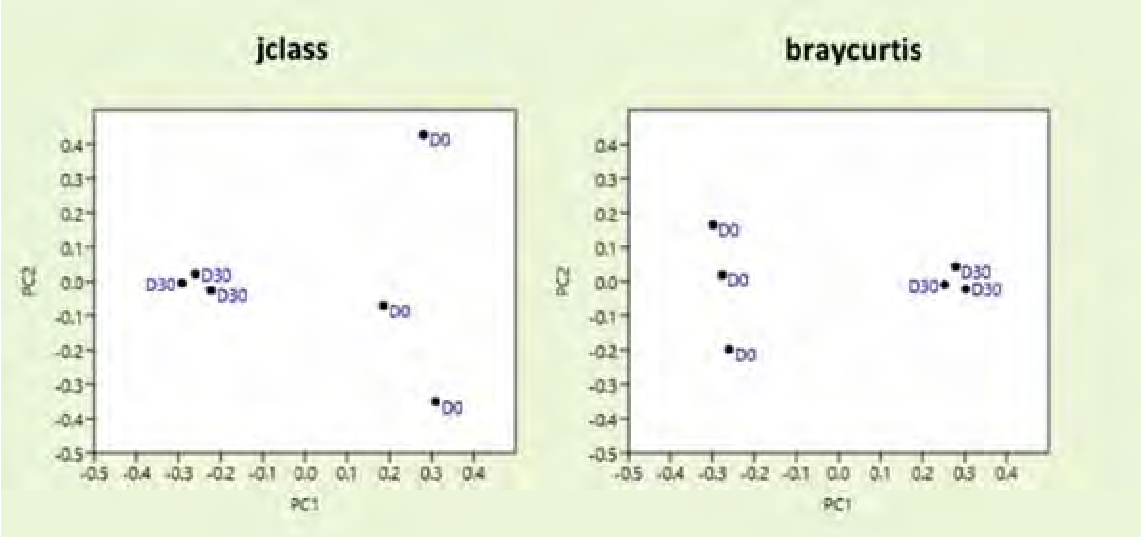
土壤中眾多微生物形成複雜的動態系統，隨著分子生物學的發展，利用次世代定序技術可幫助我們瞭解土壤微生物的種類及多樣性，以探討不同施肥、耕作方式對田間微生物群落的影響。以Mothur軟體套件分析土壤細菌之16S rRNA基因序列，可了解樣本中細菌群落之多樣性，推估微生物群落消長與環境因子之關聯性，若同時配合土壤理化性質、碳氮利用率、生化反應分析等資料項目，即可初步建構出環境微生物與土壤肥力的關聯性，未來可針對不同作物、品種及肥料處理，尋找出關鍵之指標微生物或更進一步窺知微生物所扮演之功能。

五、參考文獻

Kozich, J. J., Westcott, S. L., Baxter, N. T., Highlander, S. K., and Schloss, P. D. 2013 Development of a dual-index sequencing strategy and curation pipeline for analyzing amplicon sequence data



圖二、根據群落內的多樣性分析(alpha diversity)結果，繪製物種稀疏曲線(左)與Simpson's reciprocal index曲線(右)。



圖三、根據樣本間的生物多樣性(beta diversity)結果，分別依照參數Jaccard index(左)或Bray－Curtis similarity(右)計算兩群落一致性並繪製成XY散布圖。

on the MiSeq Illumina sequencing platform. Applied and Environmental Microbiology. 79:5112–5120.

Neelakanta, G., and Sultana, H. 2013 The use of metagenomic approaches to analyze changes in microbial communities. Microbiology Insights. 6:37–48.

Schloss, P. D., Westcott, S. L., Ryabin, T., Hall, J. R., Hartmann, M., Hollister, E. B., et al. 2009 Introducing mothur: open-source. platform-independent, community-supported software for describing and comparing microbial communities. Applied and Environmental Microbiology. 75:7537–7541.

Schloss, P.D. 2020 Reintroducing mothur: 10 Years Later. Applied and Environmental Microbiology. 86: e02343-19.

農業試驗所「農業科技研發策略小組」發展緣起與運作

農試所技服組 楊于萱 陳昌岑　農試所副所長 蔡致榮

一、前言

第34屆美國總統同時也是著名軍事家艾森豪曾說過：「計畫不是重點，規劃才是一切」，由此可見策略規劃(Strategic planning)的重要性。策略(strategy)一詞最早為軍事方面的概念，後來廣泛運用至政治、經濟領域及管理學上，其涵義演變為泛指統領性的、全局性的、左右勝敗的謀略、方案和對策。

在開始策略規劃之前，首先必須確定組織的願景或使命，才能清楚準確的設定策略或目標，使團隊執行時有所依據，達到策略規劃應有的效果。舉例來說，台積電的願景為「成為全球最先進及最大的專業積體電路技術及製造服務業者，並且與其無晶圓廠設計公司及整合元件製造商的客戶群共同組成半導體產業中堅強的競爭團隊」，為了實現此一願景，設定需培養的能力有三，一、是技術領導者；二、是製造領導者；三、是最具聲譽、以服務為導向，以及客戶最大整體利益的提供者（資料來源：台積電官網），遵循願景及培養能力，再設定不同年度的策略目標及執行計畫。

農業試驗所（下稱本所）創立於1895年，從事與農糧產業相關之科技研究工作，服務場域涵蓋全國，以農學領域基礎與應用科學之知識理論為經，以產業需求為緯，以實踐成為我國農業科研的領航者自許。本所發展的願景為「農業科研創新與加值之領航者」及「產業全方位技術方案之提供者」，著重產業長期潛在問題之解決及產業價值鏈之建構，鼓勵產業界的共同攜手參與，並強調跨領域團隊合作建立整合式解決方案。多年來持續透過創新運作機制，如農業科技研發策略小組及跨領域合作團隊的成立，累積「研發創新、跨域整合、資源統整」三大核心能量，並以此為根基，積極從事農業科技策略性基礎與應用研究。

本文謹就本所「農業科技研發策略小組（下稱研策小組）」發展緣起及運作過程說明本所策略規劃脈絡，期盼本所研究人員在研策小組運作協助下，針對農業科研議題，持續採取策略性思維，以提升本所研究量能。

作　　者：楊于萱助理研究員
連絡電話：04-23317452

二、研策小組發展緣起及過往成果

本所為掌握科技研發的脈動、配合產業發展需求及適時解決農業產業問題，積極推動知識農業之科技整合創新，特於民國100年設立研策小組，由本所楊前組長純明擔任召集人，透過多次分組會議，進行科研議題分析、研發策略及執行方法擬訂，勵行創新性系統化研究，先後完成「我國進行小麥育種及栽培之可行性」、「本所建置和應用農業地理資訊系統於農業生產及決策規劃」及「本所基盤研究及合理經費配置」等3份策略規劃構想書，此為本所執行農業科技研發策略之開端。

而後本所科研策略研發規劃則由前述研策小組會議，改以針對特定政策及科研議題，邀集跨領域專家學者及本所跨組室研究人員成立對應之專案團隊，歸納聚焦研究主軸與執行策略，或舉辦工作坊、研習營等方式執行，如103年辦理「本所發展願景工作坊」及「本所組織研發能量盤整研析與策略規劃研習」等，或透過主管間、研究室主持人間或研究同仁間之腦力激盪，為農業科技研究方向提供策略建議。

近幾年對應農業政策施政及國際農業情勢變化，本所充分利用系統性關鍵議題發掘與前瞻規劃，積極孕育政策導向或產業導向需求之研發議題，先後獲得農委會政策額度計畫之支持，如105年通過之「安全機能性產品產業價值鏈之優化整合與加值推動」計畫、106年通過之「智慧農業」、「台灣重要農作物核心種原基因體資源開發及快速育種平台之建置」計畫、107年通過之「建立農業生產資源及生態環境友善管理新模式」計畫及109年「建構因應氣候變遷之韌性農業體系研究」計畫等。

三、新任研策小組運作模式及初步成果

109年度起，為前瞻性與謀略性地擘劃本所農業科技研發策略並建立研究同仁間經驗傳承與交流文化，重新啟動「農業科技研發策略小組」運作模式。研策小組由本所各組室、分所、中心推薦資深研究人員及新進人員組成，由蔡副所長致榮擔任小組召集人，展開本所農業科技研發策略規劃與引領科技前瞻思維。小組不定期接受各方提議，並於擬定特定主題後，首先邀請相關領域專家組成專案研發策略團隊進行科技研發策略規劃工作，討論與確定研發體系的整體架構，研討與設計研發策略，並同時研議組成該議題之專案計畫執行團隊，用以接手後續科研計畫之研擬及執行。研策小組完成專案主題的研發策略及專案計畫執行團隊之建議後，提報所務會議討論，通過後陳報所長核定實施（運作流程如圖一）。

商業思維學院院長游舒帆指出，在進入策略規劃之前，必須先探究讓企業起心動念的那些事，即企業的使命、價值觀、願景。使命可說是策略的地基，當把地基思考清楚，接著在設定目標及策略時，心態就會更穩定，執行

時團隊的決策也會更清晰，企業的文化也隨之建立。在研策小組進行第一次腦力激盪會議時，即清楚刻畫本小組的使命與責任。蔡召集人透過螞蟻億萬年演化出的群體智慧-「懶螞蟻效應(Lazy ant effect)」舉例說明，將本小組另取別名為「懶螞蟻小組」，指出在一個組織中，一定要有一批「懶螞蟻」，不被日常事務性工作綁定，而將大部分時間用於「偵察」和「研究」，發現組織的薄弱之處，同時保持對外界環境的敏銳感知，以此賦予小組使命，並定調本小組肩負責任為「前瞻技術掃瞄(Technology Scouting)」、「生態網絡連結(Ecosystem Networking)」、「策略夥伴運作(Strategic Partnering)」及「研發量能提升(Capability Boosting)」。

基本上，策略規劃的程序不脫4大步驟：釐清使命目標、分析內外狀況、形成策略、計畫和評估(經理人月刊，2006)。目前小組運作模式與前項執行步驟相仿，初步運作方向及模式如下：

圖一、農業試驗所「農業科技研發策略小組」之運作流程。

(一)資訊交流：成立LINE群組(LazyAnts' Team @ TARI)，以利小組成員交流科研情報，包含科研影片、新聞及文獻瀏覽與閱讀。

(二)議題研析：進行開創性研究或議題研析及文獻回顧，並指定相關領域研究人員閱讀進行分享，研擬後續可操作之議題。議題成形後，則請成員依議題屬性與內容分工，或邀請專家組成團隊，針對議題進行背景資料收集與分析。

(三)定期集會：每月召開一次討論會議，在問題思考工具上採用「腦力激盪法」(圖二)進行創意發想，並透過收斂程序，聚焦於少數具潛力提案進行討論，作為決策者制定策略的重要參考。而定期的集會主要由成員分享議題擬定之相關構想，透過分享、意見交流與回饋，使研發方向與內容更加完整與確立。目前本小組透過多次集會之腦力激盪，根據議題的重要性及前瞻性，已歸納如水資源永續管理、農產品品牌建立、農業循環體系等7大類主題。除此之外，例行性的小組集會並針對特定科研議題邀集領域專家/學者進行分享，激發討論火花。

(四)計畫構想成形：將已收斂之議題分群並指定統籌者，利用策略整合工具：邏輯架構(圖三)，協助統籌者透過系統性的思考，分析

與計畫有關的各項要素，如專利分析及市場檢索、產業資訊蒐集及產業營運模式等，使統籌者透過邏輯架構內各項要素思考，制定決策。後續更透過文獻回顧，應用前人經驗來幫助研究方向的確立，著手進行計畫書撰寫。

(五)計畫研提：與行政院農業委員會或科技部之計畫研提期程進行配套，將已成形之計畫提送農委會或科技部進行計畫申請。本小組透過多次腦力激盪會議已初步研擬「農業水資源永續管理及農業生產高效節水技術開發」計畫構想，申請獲得科技部111年度「農業水資源精準管理科技決策支援體系之建構」政策計畫審查通過。

四、結論

現階段的農業雖正面臨氣候變遷加劇、從農人口高齡化導致勞動力短缺，以及經濟貿易自由化等衝擊與挑戰，但於此同時，資通訊科技、人工智慧與物聯網等新興科技，也為農業注入一劑強心針，引領農業科技研發邁向新里程碑。各相關單位若能妥善運用策略規劃及前瞻思維方法建立農業科技利基的研發策略，並導入以終為始概念進行研發計畫規劃，將能協助農民或農企業因應各種經營挑戰與風險，引導產業轉型升級。

五、參考文獻

台灣農業科技資源運籌管理學會。2017。農業科技創新策略規劃工具應用指引。

農業試驗所。2015。行政院農業委員會104年度研究機構績效評估農業試驗所自我評估報告。

游舒帆。2018。策略規劃(1)-起心動念最重要，談使命、價值觀與願景。https://medium.com/how-gipi-learn 。

楊舜臣、施碧茹。2016。農業試驗所近3年(101-103年)組織績效與科技研發成果亮點。技術服務季刊107: 22-28。

經理人月刊。2006。策略規劃4步驟。https://www.managertoday.com.tw/articles/view/177 。

圖二、腦力激盪法操作流程(資料來源：策略規劃工具運用指引)。

圖三、邏輯架構分析操作流程圖(資料來源：策略規劃工具運用指引)。

水稻智慧間歇灌溉
兼具智能省工與節水穩產

本所110年5月11日新聞稿

農試所作物組 吳東鴻 王毓華

面對水情嚴峻，十分仰賴水資源的稻作產業首當其衝，為有效平衡農業用水與勞動力需求，農業試驗所與中興大學、農委會台中及苗栗區農業改良場自108年合作成立智慧水稻栽培團隊，應用水稻乾濕交替的灌溉模式，導入遠端遙控、即時監測與智慧調控感測器(圖一)，在不影響原有產量水準下，可節省栽培用水20-30%，亦減少植株倒伏風險與稻米心腹白率、穩定米質。

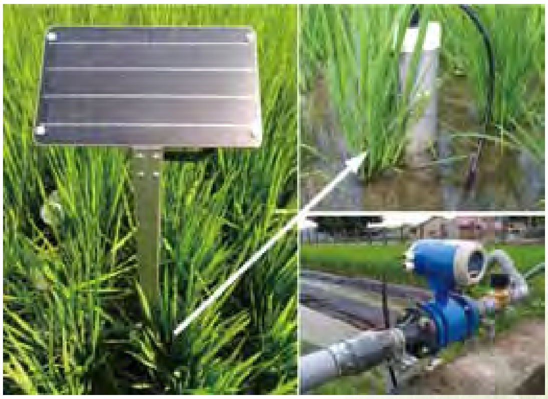
間歇灌溉穩定產量 節水效益有一套

農試所說明，水稻是台灣栽培面積最大的農作物，在水田整平插秧後，傳統長期維持3至5公分深水灌溉，整個生長期用水甚多。間歇灌溉是採乾濕交替的方式，將田水灌溉至水深約5公分後停止灌溉，接著讓田水自然隨稻株蒸散、蒸發或滲漏而慢慢減少，待土表無積水但確保土下仍濕潤狀態，隔天再灌水至5公分高，如此反覆操作，最重要是在抽穗開花期至穀粒完熟期給予足夠水分，試驗結果顯示，適時透氣更可促進植株分蘗，產量不遜於傳統長時湛水，且無須購買多餘設備即可執行，不僅可達到省水之效，且有利土壤透氣與根系發育，可減緩發生嚴重倒伏 (小於10%)，讓稻穀收成量更有保障。

導入田間感測器有利遠端管理、省工免煩惱

農試所指出，水稻生產過程從育苗、插秧至收穫乾燥，均有農機可全程機械化輔助、減輕農務負擔，但田間灌溉隨生育階段與氣候變化要適時補充水分，仍需耗費相當勞力並倚賴栽培經驗。對於大面積栽培或人力吃緊的農民，如果採用本方法灌溉，只需投資10萬元購買無線水位計、通訊主機與太陽能水閥門等田間感測器設備，實際費用依設備不同而異，每個月只要付120元通訊費，即可以一手掌控水位記錄也能遙控水閘門，還可預約灌溉時間，不用半夜清晨起來開水閥，大幅減少3/4灌溉管理的人力與時間，降低田間肥、水的溢流情形，更可搭配氣象站，全方位掌握田間狀況。

農試所表示，近年來水資源分配不均情形時有發生，農試所提出水稻間歇灌溉加上智慧控制系統解決方案，兼顧有效利用水資源並確保台灣稻作生產，預期該方案將會是未來發展趨勢，將持續推廣應用於水稻產業。



圖一、導入太陽能水位計、電子流量計等田間感測設備。

作　　者：吳東鴻副研究員
連絡電話：04-23317106

荔枝栽培新妙方

資料提供：鳳山分所 方信秀 邱國棟

夜間燈照防治荔枝細蛾

為有效防治荔枝細蛾，本所鳳山分所耗時三年，開發出夜間燈照防治荔枝細蛾之栽培模式。經實驗室研究發現。荔枝細蛾若處於有光環境下活動力下降，夜間則會在瓶內到處爬行與飛行，活動力旺盛，待早上光線漸亮，荔枝細蛾即處於靜止狀態。藉由觀察，鳳山分所於實驗室設置各種光強度與光波長試驗，發現光線可降低荔枝細蛾活動力。因此，鳳山分所利用荔枝細蛾避光特性進行夜間燈照，於採收前長達2個月不使用蟲害藥劑，相較於慣行栽培可大幅減少施藥，減少蟲害落果，增進農民收益，使消費者食用更安心。

▲夜間燈照可減少用藥且有效防止荔枝細蛾危害。

▲鳳山分所使用夜間燈照，已長達30天未用藥，仍有良好的荔枝細蛾防治效果。

▲夜間燈照應注意光源平均散佈，適當修除陰暗枝葉，減少燈照死角。

▲荔枝細蛾約如蚊子大小又具有保護色，是荔枝產業的頭號公敵。

技術服務季刊
學術典藏

9 771017 086004
GPN：2007900008
定價：NT$50